

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

## Bakalářská práce

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Řízení úpravny pitné vody  
Drinking water treatment control

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Juzik**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 2612R041 Řídicí a informační systémy  
Téma: **Řízení úpravy pitné vody**  
**Drinking Water Treatment Control**

Zásady pro vypracování:

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací systému pro úpravu pitné vody po hardwarové i softwarové stránce. Cílem práce je vytvořit funkční systém s jeho ověřením v reálném provozu.

V souhrnu je práce charakterizována těmito body:

1. Úvod do problematiky.
2. Analýza, návrh a projektování hardwarové části úpravy.
3. Analýza, návrh a implementace řízení úpravy.
4. Ověření a testy vytvořeného produktu.
5. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ŠMEJKAL, Ladislav. *PLC a automatizace 1 - základní pojmy, úvod do programování*. Praha: BEN - technická literatura, 1999. 223 s. ISBN 80-86056-58-9.
- [2] PETRUZELLA, Frank. *Programmable Logic Controllers*. 4th ed. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2010. 416 s. ISBN 978-0073510880.
- [3] TŮMA J., R. WAGNEROVÁ, R. FARANA a L. LANDRYOVÁ. *Základy automatizace*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, 2007. 283 s. ISBN 978-80-248-1523-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Slanina, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

**Prohlášení studenta:**

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Dne 7. 5. 2015

Ondřej Juzik

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juzik', written over a faint horizontal line.

**Poděkování:**

Děkuji Ing. Zdeňku Slaninovi, Ph.D. za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání bakalářské práce. Dále poděkování patří Ing. Vítězslavovi Zedkovi za umožnění stát se součástí realizačního týmu. A také je nutné poděkovat p. Jiřímu Souškovi a p. Pavlovi Lepařovi za odborné připomínky a pomoc při realizaci projektu.

### **Abstrakt klíčová slova**

Bakalářská práce na téma Řízení úpravny pitné vody popisuje návrh technického řešení mobilní úpravny surové vody. Řeší konstrukční provedení elektronických řídicích obvodů, jejich optimalizaci s ohledem na pracovní podmínky a prostředí, technologii úpravy vody, realizaci projektu a samotné vyzkoušení mobilní úpravny surové vody v reálném provozu. Konstrukční návrh byl zvolen tak, aby vyhovoval požadavkům daného technologického postupu a uspořádání elektroinstalace mobilní úpravny odpovídalo platným českým harmonizovaným normám. V jednotlivých kapitolách je popisován návrh řídicího algoritmu, výběr vhodných hardwarových komponent, sestavení rozvodné skříně a uvedení mobilní úpravny surové vody do provozu.

### **Klíčová slova**

Rozvaděč, PLC, Akční člen, Snímací prvek, Řídicí algoritmus

### **Abstract**

This bachelors thesis named Drinking water treatment control describes a technical solution blueprint for mobile adjuster of raw water. It solves construction designs of electronic control circuits, its optimization considering working conditions and atmosphere, technology of adjusting water, realization of project and actual tryout of mobile adjuster of raw water in real background. The construction blueprint was chosen to satisfy the exact technological process and the order of electroinstalation should be compatible with czech harmonized norms. In the particular chapters there is described a blueprint of control algorhythm, selection of possible hardware components, composition of service box and finally initiation of mobile adjuster of raw water into real life functioning.

### **Keywords**

Switchboard, PLC, Actuators, Sensor element, Control algorithm

### **Seznam použitých zkratek**

|       |                                 |
|-------|---------------------------------|
| Fe    | Železo                          |
| Mn    | Mangan                          |
| NaClO | Chlornan sodný                  |
| HCl   | Kyselina chlorovodíková         |
| ČR    | Česká republika                 |
| PLC   | Programovatelný logický automat |
| RMK   | Rozvodná skříň                  |

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1 Blokové schéma separace [2] .....  | 2  |
| Obrázek 2 Zjednodušené technologické schéma.....   | 4  |
| Obrázek 3 Grundfos SB 3-45 M [7] .....   | 8  |
| Obrázek 4 Pumpa 90 QJD 126 [19] .....  | 10 |
| Obrázek 5 SEKO INVIKTA KCS [8] .....   | 12 |
| Obrázek 6 ETATRON DLX MA/AD [9] .....  | 13 |
| Obrázek 7GRUNDFOS CM 3-7 A-R-A-E – AQQE [18] .....   | 15 |
| Obrázek 8 Aquacup MOUSE 60 [10] .....  | 16 |
| Obrázek 9 Externí nádrže T6.....   | 18 |
| Obrázek 10 NIVELCO NIVOFLOAT [11] .....  | 18 |
| Obrázek 11 SICK LFT2000 [12] .....   | 19 |
| Obrázek 12 Lamelový usazovák T2 .....  | 20 |
| Obrázek 13 Honeywell LRNH31S42 [13] .....  | 21 |
| Obrázek 14 NIVELCO RCM-400-1 [6].....  | 22 |
| Obrázek 15 Siemens 1212C DC/DC/RLY [14] .....  | 24 |
| Obrázek 16 Siemens LOGO! 24C [15] .....  | 25 |
| Obrázek 17 OEZ LSN B10 63A [16] .....  | 26 |
| Obrázek 18 Schneider Electric Acti9 iC60 [17] .....  | 27 |
| Obrázek 19 Výzbroj RMK .....   | 29 |
| Obrázek 20 Rozvaděč RMK umístěný na stojanu .....  | 30 |
| Obrázek 21 Vývojový diagram základního principu automatického ovládání úpravny surové vody ..... | 31 |
| Obrázek 22 HMI Technologický proces .....  | 33 |
| Obrázek 23 HMI Nastavení parametrů technologie .....   | 34 |
| Obrázek 24 HMI Čítač Moto-hodin a promývacích cyklů .....  | 35 |
| Obrázek 25 HMI Servisní obrazovka .....  | 35 |
| Obrázek 26 Mobilní kontejner, ve kterém je zabudována úpravna surové vody .....                  | 36 |
| Obrázek 27 Rozestavení technologie úpravy surové vody .....                                      | 37 |



## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1 Parametry: Grundfos SB 3-45 M [7] .....            | 9  |
| Tabulka 2 Parametry: Pumpa 90 QJD 126 [19] .....             | 10 |
| Tabulka 3 Parametry: SEKO INVIKTA KCS [8].....               | 12 |
| Tabulka 4 Parametry: ETATRON DLX MA/AD [9].....              | 13 |
| Tabulka 5 Parametry: GRUNDFOS CM 3-7 A-R-A-E-AQQE [18] ..... | 15 |
| Tabulka 6 Parametry: Aquacup MOUSE 60 [10] .....             | 16 |
| Tabulka 7 Parametry: NIVELCO NIVOFLOAT [11].....             | 19 |
| Tabulka 8 Parametry: SICK LFT0200 [12] .....                 | 20 |
| Tabulka 9 Parametry Honeywell LRNH31S42 [13] .....           | 21 |
| Tabulka 10 Parametry: NIVELCO RCM-400-1 [6].....             | 22 |
| Tabulka 11 Parametry: 1212C DC/DC/RLY [14] .....             | 24 |
| Tabulka 12 Parametry LOGO! 24C [15].....                     | 25 |
| Tabulka 13 Parametry řady OEZ LSN 63A [16].....              | 26 |
| Tabulka 14 Parametry Schneider Electric Acti9 [17] .....     | 27 |

## Obsah

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Úvod.....  | 1  |
| 2     | Úvod do problematiky.....                                    | 2  |
| 2.1   | Technologický postup .....                                   | 4  |
| 3     | Analýza, návrh a projektování hardwarové části úpravny ..... | 6  |
| 3.1   | Akční členy .....  | 6  |
| 3.1.1 | Vstupní čerpadlo P1 .....                                    | 7  |
| 3.1.2 | Dávkovací čerpadla P2 a P4.....                              | 11 |
| 3.1.3 | Filtrační čerpadlo P3 .....                                  | 14 |
| 3.1.4 | Zhodnocení výběru akčních prvků.....                         | 16 |
| 3.2   | Snímání hladin .....   | 17 |
| 3.2.1 | Externí nádrž T6.....  | 17 |
| 3.2.2 | Akumulační nádrž T2.1.....                                   | 20 |
| 3.2.3 | Zhodnocení výběru snímacích prvků .....                      | 22 |
| 3.3   | Řídicí systém.....   | 23 |
| 3.3.1 | Siemens 1212C DC/DC/RLY .....                                | 23 |
| 3.3.2 | Siemens LOGO! 24C .....                                      | 24 |
| 3.3.3 | Zhodnocení výběru řídicího systému .....                     | 25 |
| 3.4   | Jistící prvky .....  | 25 |
| 3.4.1 | OEZ .....  | 26 |
| 3.4.2 | Schneider Electric .....                                     | 27 |
| 3.4.3 | Zhodnocení výběru jistících prvků.....                       | 27 |
| 4     | Analýza, návrh a implementace řízení úpravny .....           | 28 |
| 4.1   | Rozvaděč RMK.....  | 28 |
| 4.2   | Řídicí algoritmus.....                                       | 30 |
| 4.3   | Vizualizace.....   | 32 |
| 4.3.1 | Přehled technologického procesu:.....                        | 33 |
| 4.3.2 | Nastavení parametrů technologie: .....                       | 34 |
| 4.3.3 | Čítač motohodin akčních členů:.....                          | 35 |
| 4.3.4 | Servis:.....   | 35 |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 5 | Ověření a testy vytvořeného produktu ..... | 36 |
| 6 | Zhodnocení dosažených výsledků.....        | 38 |
| 7 | Použitá literatura .....                   | 39 |
| 8 | Přílohy .....                              | 41 |

# 1 Úvod

V každé části světa, jenž je obývaná lidmi, je nezbytně potřebný dostatečný přísun pitné vody v požadované kvalitě. Povrch zemského povrchu je sice z 70% procent pokrytý vodními zdroji, ale jedná se převážně o vodu surovou. Která může obsahovat velké procento železa (Fe), manganu (Mn), zárodků parazitních buněk, virů a dalších látek, jenž nepřispívají lidskému organismu.

Z tohoto důvodu je zapotřebí vytvořit technologický proces, jenž by obsahoval soubor dílčích procesů zlepšující kvalitu vody poskytované koncovému spotřebiteli. Pro pochopení složitostí dílčích operací je nezbytné důkladné prozkoumání faktorů, které působí na kvalitu vody kladně či záporně. Dále je vhodné se poučit z dosavadních výsledků odborného bádání v této problematice.

Cílem projektu s názvem „Řízení úpravy pitné vody“, který je popisován v obsahu této bakalářské práce. Je vytvoření jednoduchého funkčního řídicího systému mobilní úpravy surové vody, který umožní získání dostatečného množství pitné vody o požadované kvalitě a množství. Model řídicího systému, jenž bude níže popisován, je vytvořen za pomoci hardwarových a softwarových částí ovládajících celý technologický proces úpravy surové vody.

Hardwarovou částí řídicího systému se rozumí sestavení rozvodné skříně RMK a vytvoření kabelových tras pro možné připojení akčních a snímacích prvků. Vhodné hardwarové prvky tvořící rozvodnou skříň je nutné důkladně vybrat. Jedná se o komponenty: jistící, snímací prvky, řídicí jednotku a akční členy technologického procesu. Po získání požadovaných komponent nastane sestavení konečného výrobku z vybraných komponent.

Po dokončení celkové hardwarové kompletace mobilní úpravy surové vody bude zapotřebí vytvořit řídicí algoritmus, ovládající celou technologickou soustavu. Spolu s realizací řídicího algoritmu bude nezbytně nutné vytvořit vizualizační prostředí, zobrazující daný stav technologického procesu. V poslední části bakalářské práce bude zapotřebí provést testy na základě, kterých se zhodnotí, zda se jedná o výrobek vyhovující technickým a hygienickým normám určených pro realizaci úpraven surových vod.

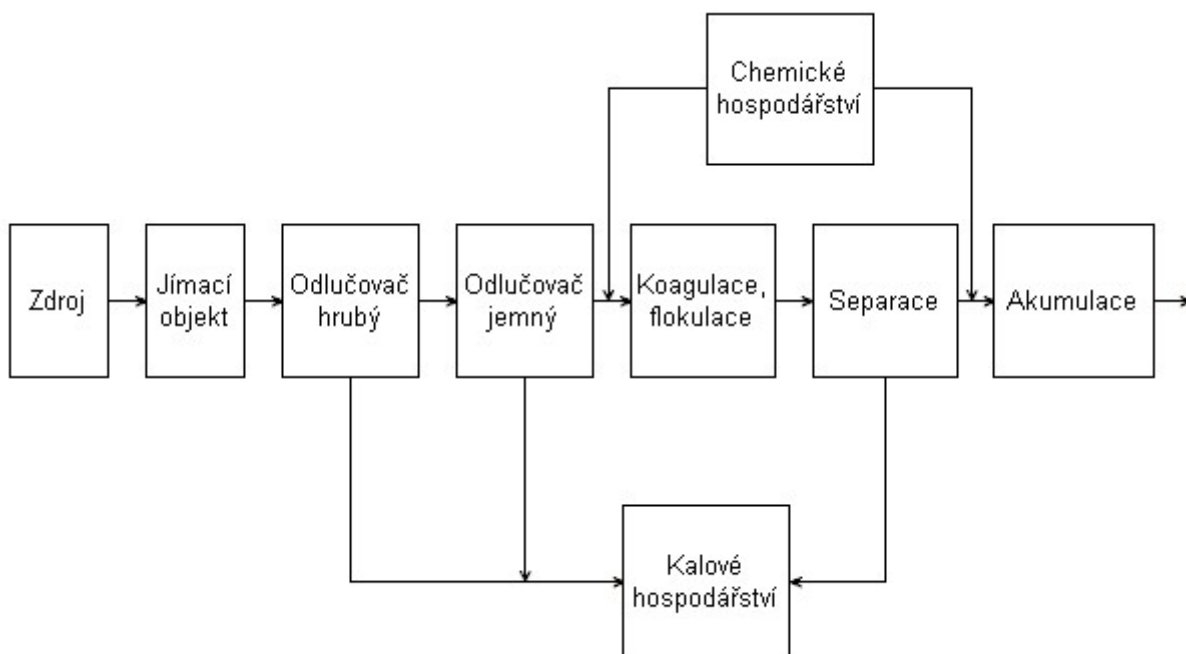
## 2 Úvod do problematiky

Z pojmu úprava surové vody lze vyvodit, že se jedná o seskupení několika technologických procesů, jenž upravují vlastnosti surové vody tak, aby vyhovovala potřebám koncového uživatele. Díky tomuto poznatku lze vodu rozdělit na podskupiny:

- Pitná
- Užitková
- Technologická

Každá výše vypsaná podskupina musí splňovat určitou hodnotu kvality, kterou určují a stanovují platné normy. Výslednou kvalitu upravené vody z velké části ovlivňuje jakost surové vody pocházející ze zvoleného vodního zdroje. Jakost vodního zdroje je taktéž ovlivňována meteorologickými a hydrologickými stavy, z čehož vyplývá skutečnost, že je zapotřebí technologický proces na dimenzovat takovým způsobem, aby i nejméně vhodné meteorologické a hydrologické podmínky nezhoršili výstupní kvalitu upravované vody. V případě podzemního vodního zdroje surové vody, je zapotřebí věnovat zvýšenou pozornost množství koncentrace železa (Fe) a manganu (Mn).

Dosažení požadované třídy jakosti lze dosáhnout velkou řadou možných technologických postupů. Dělení, jenž je nejpoužívanější pro základní rozřídění, je sestaveno na základě fyzikálních procesů: fyzikální, chemický a biologický. Jeli výsledkem technologického postupu získání z celkového objemu upravované vody suspenčních látek a částí rozpuštěných plynů, byl využit fyzikální. Dalších nežádoucích látek obsažených v upravované kapalině je možné odstranit díky využití chemických procesů. Pokud je využito určitého kmenu bakterií pro úpravu surové vody jedná se o biologický postup.



Obrázek 1 Blokové schéma separace [2]

Obdobně jak se dají rozdělit fyzikální principy pro úpravu vody, tak se dělí i stupně celkové úpravy surové vody v technologickém procesu. V první řadě je zapotřebí využít tzv. separačního stupně. Pro realizování této prvotní fáze úpravy surové vody se nejčastěji používá sedimentační nádrž nebo čířič. Pro zkonstruování dané nádrže se využívá jak obdélníkových tak i kruhových tvarů spolu s lamelovými vestavbami. Většina technologií vodárenských věží obsahuje čířiče. Dle funkčního principu lze rozdělit čířiče do několika druhů, ale všechny technologie jsou postaveny na práci s vločkovým mrakem. Vločkový mrak není nic jiného než vznášející se vrstva nad hladinou kapaliny složená z vločkových částic, které mohly vzniknout díky chemickému srážení. Z konstrukčního hlediska nastává největší rozdíl v dostupných čířičích systémech, tedy zda je vločkovací prostor součástí samotného čířiče anebo je vytvořená externí nádrž určená pro tuto operaci.

Celkový technologický postup, jenž se odehrává v útrobach čířiče, je velmi složitý. A proto jakýkoliv zásah do daného procesu je zapotřebí zadat odborníkovi pro danou problematiku. Dalším možným způsobem jak zajistit separaci je využitím flotace. Flotace je realizována separací tuhých či kapalných částic surové upravované vody. Princip flotace je založen na zavedených drobných bublin do celkového objemu upravované kapaliny. Jakmile dojde k semknutí jedné z drobných bublin s nechtěnou částí, obsažené v surové vodě, dochází ke vzniku aglomerátu. Zásadní vlastností aglomerátu je ta, že má mnohem menší hustotu než voda. Z tohoto faktu vyplývá skutečnost, že dojde k přesunu aglomerátu na hladinu upravované vody. Zde na hladině aglomerát v podobě kalu není problém odstranit. Nesmírnou výhodou flotace oproti předešlým zmiňovaným principům sedimentace nebo využití čířiče, je mnohonásobně lepší účinnost při separaci nežádoucích částic. Ze které vyplývá vyšší životnost pískových filtrů. Spolu s touto výhodou je úzce spjata další skutečnost, že je možné díky flotaci využít vyššího průtoku skrz pískové filtrační jednotky.[2]

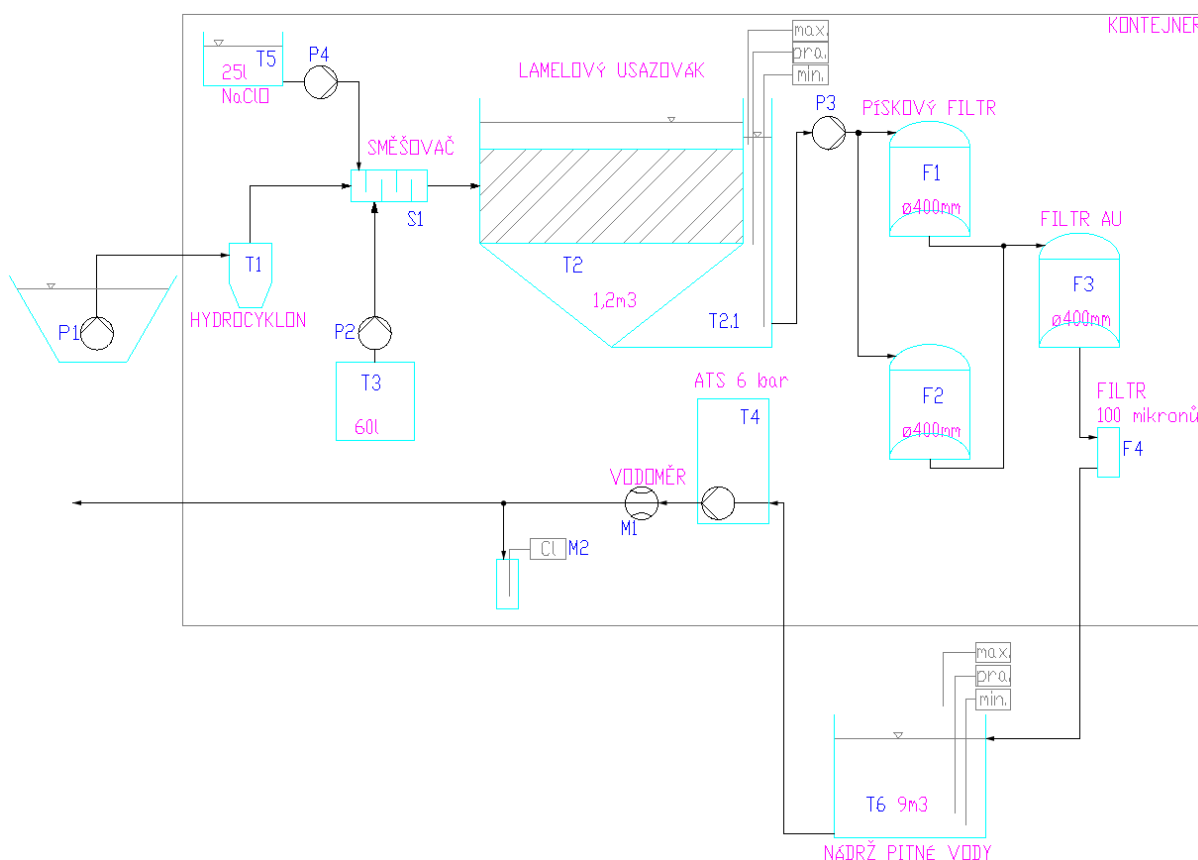
Následujícím krokem úpravy surové vody na pitnou je druhý separační stupeň. V nejjednodušším případě lze využít rychlou filtraci za pomoci pískové filtrace tvořené křemičitým pískem. Praní skrz pískový filtr se provádí za pomoci gravitačních sil. To znamená, že vstup do pískového filtru je ve vrchní části pískového filtru. Surová voda během druhé separace putuje z vrchu dolů k výstupu z pískového filtru. Krom využití klasického křemičitého písku, který je nejčastěji používán pro běžnou filtraci, lze využít i antracit anebo aktivní uhlí. Provoz založený na filtračních zařízeních obsahující aktivní uhlí je mnohem finančně náročnější než obyčejná filtrační jednotka naplněná křemičitým pískem. Ale aktivní uhlí má velice důležitou schopnost, kterou je sorpční účinek. Po určitém počtu filtračních cyklů sorpční účinek aktivního uhlí vymizí. Proto je zapotřebí pravidelná obnova. Aktivní uhlí umožňuje rapidní snížení nežádoucích znečištění, které by v případě klasického filtru s křemičitým pískem prošlo dále do oběhu.[2]

Posledním krokem k zajištění kvalitní pitné vody je dezinfekce. Tento krok je naprosto nezbytným pro zlikvidování možných choroboplodných zárodků, které může upravovaná voda obsahovat. Také se jedná o zcela preventivní krok. Nejznámějším dezinfekčním prostředkem využívaný na území ČR a mnoha jiných států je chlór. Tento prvek je v hojném počtu využíván z důvodu vysoké baktericidní účinnosti, kterou udržuje v jakékoliv koncentraci. Následují výhodou užívání chlóru pro dezinfekci pitné vody je jeho snadná aplikace a jednoduché měření jeho výskytu. V případě pokud je zapotřebí vyžít jinou dezinfekci nežli za pomoci chemických látek, lze se obrátit na fyzikální princip ultrafialového záření. Výsledná dezinfekce ultrafialovým zářením je uskutečněna díky změně struktury

mikroorganismů, což vede k jejich usmrcení. Účinek této operace bohužel není trvalý proto je nezbytné po určitém časovém období tento zákrok opakovat. Díky energetické náročnosti samotné operace se rovněž nejedná o finančně levnou záležitost.[3]

## 2.1 Technologický postup

Pro úspěšné zhotovení daného úkolu bylo zapotřebí vytvořit technologický postup, díky kterému je možné mobilní úpravnu surové vody zhotovit. Dané technologické schéma bylo vytvořeno renomovanými odborníky pro danou problematiku. Kompletní technologické schéma se nachází v přílohách. Jedná se o přílohu s pořadovým číslem I.



Obrázek 2 Zjednodušené technologické schéma

Pro vysvětlení základní činnosti mobilní úpravy postačí zjednodušené technologické schéma, viz Obrázek 2. Vstupním členem do celé soustavy pro možnou úpravu surové vody je vstupní čerpadlo P1, které musí splňovat možnost čerpání surové vody z povrchových i podzemních zdrojů. Z toho vyplývá, že bude zapotřebí využít ponorný typ čerpadla. Čerpadlo P1 bude sloužit jako jediný zdroj surové vody do oběhu celé technologie. Jakmile dojde k zapnutí čerpadla P1, je zapotřebí v první části úpravy surové vody zajistit, aby došlo k oddělení pevných částí od surové vody. Tato operace probíhá v hydrocyklonu T1. Následně je nutné vytvořit vhodný koncentrát složený z pročištěné vody, kterou získáme z výstupu hydrocyklonu T1 s organickým koagulantem AYPAT 30 nebo PAX 18. Tento koncentrát vytvoříme za pomoci statického směšovače S1, který dávkuje potřebné množství koagulantu do pročištěné díky dávkovacímu čerpadlu P2, jenž je součástí statického směšovače. Chod dávkovacího čerpadla P2 se

odvívá v odběhu vstupního ponorného čerpadla surové vody P1. Dávkované množství organických koagulantů bude stanoveno v rámci zkušebního provozu (dle vstupního znečištění vodního zdroje). Koncentrát, jenž vychází z výstupu směšovače, dále pokračuje technologickým postupem do lamelového usazováku T2. Zde dochází k sedimentaci vysráženého kalu, který bude zapotřebí v pravidelných intervalech odpouštět do odpadu mimo kontejner prostřednictvím pneumatického ventilu V8. Interval odpouštění vysráženého kalu ze dna lamelového usazováku bude možné nastavit v řídicím systému. Dále ze zjednodušeného technologického schématu viz Obrázek 2 je patrné, že odstátá voda z lamelové části usazováku bude přepadem odtékat do akumulární nádrže T2.1, jenž je součástí lamelového usazováku. Akumulační nádrž T2.1 je zapotřebí vybavit snímači hladin, kterými bude možné řídit chod vstupního čerpadla surové vody P1 a čerpadla filtrace P3.

Obsah akumulární nádrže T2.1 je odebírán filtračním čerpadlem P3 za účelem pískové filtrace, tvořené ze dvou paralelně zapojených filtrů F1 a F2. Z výstupu pískové filtrace bude nutné využít filtr F3 jehož obsahem je aktivní uhlí. Po této operaci následuje finální pojistný filtr F4, kde se budou zachytávat případné úlety částic z aktivního uhlí. Upravená pitná voda dále natéká do zásobní externí nádrže T6, umístěné nedaleko mobilní úpravní surové vody. Externí nádrž pitné vody T6 bude vybavena, podobně jako lamelový usazovák, sondami pro hlídání hladin. Z externí nádrže T6 již bude zásobním čerpadlem T4 odebírána pitná voda do vodovodního řádu pro účely spotřebitelů. Na výstupu odebírané pitné vody bude zabudován analyzátor aktivního chlóru M2, díky kterému bude možné řídit dávky Cl během technologického postupu úpravy surové vody.

Posledním nezmiňovaným prvkem, kterého si lze povšimnout ve zjednodušeném technologickém schématu viz Obrázek 2 je dávkovací čerpadlo P4, napojené na zásobní nádrž, jejíž obsah je tvořen chemickou sloučeninou chlornanu sodného NaClO. V běžném provozu s využitím povrchových zdrojů surové vody se s tímto prvkem nepočítá. Ale jakmile by došlo k využívání podzemních zdrojů surové vody, je zapotřebí snímat koncentraci prvků jako je železo (Fe) a mangan (Mn) v celkovém obsahu čerpané surové vody. Pokud by docházelo k oxidaci železa (Fe) anebo zvýšené koncentraci manganu (Mn) je zapotřebí využít dávkovacího čerpadla P4 pro zavedení sloučeniny chlornanu sodného NaClO do technologického procesu.

Dále chlornan sodný je možné využít k dezinfekci upravované vody. Po určitých časových cyklech bude zapotřebí provést promytí pískových filtrů. Jak si můžeme povšimnout na kompletním technologickém schématu, se tato operace provede jednoduchým způsobem. Díky pneumatickým ventilům dojde k překlopení trojcestného ventilu V11 umístěného před filtračním odstředivým čerpadlem P3. Dále do promývací polohy budou uvedeny ventily V13 a V14 ovládající vstupy a výstupy pískových filtrů F1 a F2. Tímto krokem bude odpojen filtr F3 a F4 od technologie. Spolu s promýváním pískových filtrů se otevírá ventil V7 u lamelového usazováku T2. Jakmile jsou tyto ventily přepnuty do požadovaného stavu, může dojít k sepnutí filtračního čerpadla. Které využívá vodu z externí nádrže T6 pro promytí pískových filtrů. Promývání je uskutečněno v opačném směru než filtrace, proti směru gravitačních sil. Po důsledném promytí pískových filtrů je znečištěná voda spolu se sedimentačními kaly odvedena ven z mobilní úpravní na tzv. lagunu. Po provedení této operace je zapotřebí veškeré ventily uvést do původní polohy. Aktivní uhlí, které je obsahem filtru F3 je zapotřebí po daných cyklech měnit, kvůli ztrátě sorpčního účinku.



### 3 Analýza, návrh a projektování hardwarové části úpravy

Tato kapitola je věnována výběru vhodných hardwarových komponent, které jsou nezbytné pro vytvoření rozvodné skříně RMK, řídicího systému, spínacích prvků, akčních členů, kabelových tras a kabeláže samotné viz následující kapitola: Analýza, návrh a implementace řízení úpravy. Během výběru komponent je zapotřebí určení primárních vlastností, které pro danou aplikaci budou nezbytně důležité. Pro akční členy, jenž budou představovat vstupní, filtrační a dávkovací čerpadla to například jsou maximální výtlak, jmenovitý výkon, konstrukce pláště, přítomnost sacího koše. Při výběru snímacích prvků je zapotřebí zohlednit velikost celkového prvku, materiál, montáž a počet maximálního počtu sepnutí. U spínacích prvků jedna z nejdůležitějších vlastností je také maximální počet sepnutí jako u předešlých snímacích prvků, dále bude potřeba znát maximální proudové zatížení těchto spínacích kontaktů. V poslední řadě je také důležitým aspektem maximální možný průřez vodiče, jenž je možné připojit k danému prvku. Aby bylo možné uvést všechny výše vypsané prvky do skutečného provozu, je nezbytné zvolit řídicí systém za pomoci průmyslového počítače tzv. PLC. Tento prvek musí obsahovat potřebný počet digitálních a analogových vstupů a výstupů. Dále je zapotřebí, aby umožňoval bezproblémové rozšíření pomocí přídavných karet s rozšiřujícími vstupy, výstupy nebo převodníky.[5]

#### 3.1 Akční členy

V následující části bakalářské práce bude rozebrán výběr vhodných akčních členů. Tyto členy jsou zde reprezentovány čerpadly, které plní následující úlohy:

- Vstupní čerpadlo P1
- Dávkovací čerpadla P2 a P4
- Filtrační čerpadlo P3

Vstupní čerpadlo P1 je zapotřebí zvolit takového typu, aby umožňovalo dostatečný přísun nové surové vody do celé technologie z podzemních nebo povrchových zdrojů surové vody. Z toho důvodu je nutné, aby čerpadlo P1 vlastnilo kvalitní sací filtr o potřebné propustnosti. V případě nevyužití vhodného nebo žádného filtru, by za krátkou dobu činnosti čerpadla mohlo dojít k zadření hnací hřídele a následně ke zničení celého vstupního čerpadla P1. Ponorný typ čerpadel bude nejvhodnější k výběru vhodného akčního členu. Kromě nutné přítomnosti sacího filtru na vstupu čerpadla P1 je zapotřebí vybrat ponorné čerpadlo s dostatečným výtlakem. Jelikož se jedná o projekt mobilní úpravy surové vody, je nezbytné věnovat pozornost konstrukci vnějšího pláště ponorného čerpadla. Plášť musí být zhotoven z materiálu, který snese hrubější zacházení a spolu s touto vlastností nesmí snižovat snadnou ruční manipulaci se vstupním ponorným čerpadlem.

Následujícím akčním členem je čerpadlo P2, jehož primární úkol je dávkovat organické koagulanty AYPAT 30 nebo PAX 18 do směšovače S1. V tomto kroku technologického procesu se vytváří směs surové vody očištěné od pevných částí a organického koagulantu AYPAT 30 nebo PAX 18. Nejvhodnějším typem čerpadla pro danou úlohu bude využití dávkovacího elektromagnetického čerpadla. Je zapotřebí, aby vybrané čerpadlo P2 bylo určeno pro dávkování kyselin. Během procesu úpravy surové vody se dostáváme k dalšímu akčnímu členu, kterým je filtrační čerpadlo P3. Hlavním

náplní daného čerpadla je odebírání surové vody, z obsahu akumulární nádrže T2.1 je zbavené pevných částic díky průchodu hydrocyklon a odstáté v lamelovém usazováku T2. Po odebrání surové vody filtrační čerpadlo P3 přečerpává tuto kapalinu přes pískové filtry F1 a F2, jenž jsou zapojeny paralelně do technologického procesu. Z výstupu pískového filtru F1 a F2 pokračuje úprava přefiltrované vody skrz filtr obsahující aktivní uhlí. Posledním filtračním úkonem je za pomoci pomocného filtru F4, který zachytává pouze případný úlet částí aktivního uhlí z předchozího filtru F3. Konečným místem, kam je zapotřebí upravenou pitnou vodu přemístit za pomoci filtračního čerpadla je externí nádrž T6. Z předcházejícího textu je více než jasné, že při výběru vhodného filtračního čerpadla P3 je nutné zohlednit primární vlastnosti.

První požadovanou vlastností je dostatečný výtlačk na výstupu filtračního čerpadla. Další aspekt, který nelze přehlížet je maximální možný průtok, jenž nám dané vybrané čerpadlo nabídne. Posledním akčním prvkem, jenž v této kapitole je nutné zmínit je čerpadlo P4. Toto čerpadlo bude mít za úkol dávkování látky NaClO do soustavy v případě, kdy dojde k oxidaci železa (Fe) anebo při zvýšeném obsahu manganu (Mn) v upravené pitné vodě vypouštěné do vodovodního řádu. Sloučeninu NaClO lze také využít pro dezinfekci celé soustavy pro úpravu surové vody. Pro tuto úlohu bude nejvhodnější využít jako v předchozím případě u čerpadla P2 dávkovací elektromagnetický typ čerpadla. Čerpadlo musí být konstruováno pro práci s chemikáliemi. Chod dávkovacího čerpadla P4 bude řízen externím vyhodnocovacím zařízením, které nebude obsaženo v řídicí rozvodné skříni RMK. Snímač externího vyhodnocovacího zařízení se umístí na výstupu úpravny surové vody.

### **3.1.1 Vstupní čerpadlo P1**

Čerpadlo P1 je vstupním čerpadlem do celé technologie úpravy surové vody. Zajišťuje potřebný přísun surové vody z podzemních nebo povrchových vodních zdrojů. Proto pro tuto činnost vstupního čerpadla P1 byl zvolen typ ponorného čerpadla, jak již bylo výše zmíněno. Dané čerpadlo je zapotřebí, aby bylo zhotoveno z materiálu, jehož vlastnosti zajišťují vyšší odolnost proti mechanickému poškození. Spolu s touto vlastností musí celková hmotnost vstupního čerpadla umožňovat snadnou ruční manipulaci během přesunu mobilní úpravy surové vody. Vstupní čerpadlo by mělo být zkonstruováno tak, aby bylo možné čerpat surovou vodu z vodních zdrojů a nedošlo k poškození čerpadla. Z tohoto důvodu by bylo vhodné vybrat čerpadlo obsahující vstupní sací filtr s potřebnou propustností pevných částic.

Dále je zapotřebí vybrat ponorné čerpadlo s dostatečným výstupním výtlačkem kapaliny a průtokem, který bude dle vstupních požadavků plnit lamelový usazovák T2. Vybrané čerpadlo nemusí vlastnit v základní výbavě plovák pro ochranu chodu naprázdno. Tento plovák by v konečné fázi byl odpojen a nevyužíván. Z důvodu, že bude využitý vodní zdroj surové vody, kde se nepředpokládá vyčerpání veškerého objemu surové vody. Vstupní čerpadlo P1 bude řízeno za pomoci řídicího systému, který bude popsán v další kapitole řídicí systém. Daný PLC systém umožní chod vstupního čerpadla P1 za splnění několika počátečních podmínek. První podmínka je sepnutí ovládacího spínače umístěného na čelním panelu rozvodné skříně RMK. Jakmile dojde k sepnutí, přichází na jeden z digitálních vstupů zvoleného PLC požadavek ke spuštění daného vstupního čerpadla v podobě logické jedničky. Následující nutnou podmínkou pro chod vstupního čerpadla je indikace hladiny v lamelovém usazováku T2. Pokud snímací prvky pro měření hladiny hlásí řídicí jednotce, že hladina v lamelovém usazováku T2 dosáhla maximální úrovně, tak není možné vstupní čerpadlo uvést do provozu. Chod čerpadla bude

umožněn pouze při stavu minimální a pracovní úrovně surové vody v lamelovém usazováku. Jakmile jsou splněny první dvě základní podmínky pro chod vstupního čerpadla P1, je vyslán z jednoho z digitálních výstupů řídicí jednotky signál v podobě stejnosměrných +24V na spínací cívku stykače KM2. Pro danou dílčí úlohu byly vybrány dvě ponorné čerpadla: Grundfos SB 3-45 Ma Pumpa 90 QJD 126.

### **Grundfos SB 3-45 M**

Čerpadlo Grundfos SB3-45M je ponorné čerpadlo určené pro čerpání pitné nebo surové vody ze studní, vrtů a nádrží. Čerpadlo je možné ponořit až do hloubky 15 metrů, což je dostačující hodnota. Vstupní čerpadlo bude v ponořeno maximálně do hloubky 2 metrů. Maximální výtlak dosahuje hodnoty 43 metrů. Tato hodnota rovněž přesahuje minimální požadavky pro vstupní čerpadlo P1. Standardní verze tohoto čerpadla neobsahuje řídicí plovák, který spíná chod čerpadla a zabraňuje čerpadlu chod na prázdko, aby nedošlo k poškození mechanismu čerpadla z důvodu nulového chlazení hnací hřídele. Proto je zapotřebí řídit tuto standardní variantu pomocí externího spínacího prvku.

V našem případě je chod čerpadla řízen za pomoci snímačů hladin v lamelovém usazováku a daná situace bude analyzována v řídicím systému. Po následném zpracování aktuální hladiny surové vody v lamelovém usazováku se rozhodne, zda bude přiveden signál na spínací prvek, který řídí chod vstupního čerpadla. Možnost regulace otáček čerpadlo Grundfos SB3-45 M nenabízí. To lze zrealizovat například přidáním vhodného frekvenčního měniče o požadovaném výkonu do zapojení. Čerpadlo dále v základním složení obsahuje sací koš s propustností částí do velikosti 1mm, který pro danou dílčí úlohu je dostačující a zabrání zadření hnací hřídele.

Maximální průtok  $6,3\text{m}^3\text{h}^{-1}$ . Hodnota maximálního průtoku by měla být dle dosavadních předpokladů a výpočtů dostačující. Model SB 3-45 je jednofázově napájen jmenovitým napětím 230V. Jmenovitý příkon pohonu čerpadla činí 1000 watt. Přívodní napájecí kabel bude vytvořen z typu CYSY 3x2,5mm<sup>2</sup>. Kabel typu CYSY s pleteným jádrem jednotlivých vodičů obsažených v napájecím přívodním kabelu je zvolen z důvodu snadné manipulace. Maximální hodnota teploty kapaliny, která je dovolena protékat skrz čerpadlo Grundfos SB 3-45 M je 35°. V daném venkovním prostředí, kde bude mobilní úprava surové vody uváděna do provozu, se nepředpokládá tak vysoké hodnoty teploty čerpané surové vody.[7]



**Obrázek 3 Grundfos SB 3-45 M [7]**

**Tabulka 1 Parametry: Grundfos SB 3-45 M [7]**

|                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Napětí                      | 230 V                              |
| Výkon                       | 1000 W                             |
| Maximální průtok            | 6,3 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> |
| Maximální výtlak            | 43 m                               |
| Plovák                      | Ne                                 |
| Hloubka ponoru              | 15 m                               |
| Maximální teplota vody      | 35 °C                              |
| Délka přívodního kabelu     | 15 m                               |
| Maximální velikost nečistot | 1 mm                               |
| Tepelná ochrana             | Ano                                |
| Ochrana proti běhu na sucho | Ne                                 |
| Regulace otáček             | Ne                                 |
| Zpětná klapka               | Ano                                |

**Pumpa 90 QJD 126**

Následující ponorné čerpadlo Pumpa 90 QJD 126 je primárně určené pro hluboké i mělké studny. Plášť čerpadla je zkonstruován z nerezové oceli AISI 304. Dále tento model čerpadla disponuje vysokou dopravní výškou (až 138 metrů) a také zvýšenou životností motoru. Díky vysoké hodnotě výstupního výtlaku se tento model ponorného čerpadla může využít také pro aplikace: fontány, tlakové stanice, protipožární systémy pro malé a střední průmyslové závody. Kladnou informací je maximální ponor čerpadla, tento údaj dosahuje hodnoty 20 metrů. Hodnota maximálního možného ponoru je velice zajímavá, ale pro úlohu vstupního čerpadla do technologie mobilní úpravy surové vody je nevyužitelná.

Jak již bylo zmíněno, u nadcházejícího ponorného čerpadla, Pumpa 90 QJD 126, také neobsahuje plovákový spínač, proto je zapotřebí řídit chod čerpadla externím spínacím prvkem, který je zapotřebí vhodně umístit, aby se zabránilo chodu čerpadla na sucho. Typ QJD neobsahuje regulaci otáček. Pro možné řízení otáček pohonu čerpadla je zapotřebí doplnit zapojení řídicí rozvodné skříně o frekvenční měnič o požadovaném jmenovitém výkonu. Pro čerpání surové vody je k tomuto čerpadlu zapotřebí zapojit externí sací koš s potřebnou propustností. V základním sestavení je tento model vhodný pouze pro čerpání čisté vody. V tomto bodě základní sestava je pozadu oproti předešlému ponornému čerpadlu Grundfos. Jmenovitý výkon celého ponorného čerpadla činí 1500 wattů, napájení je provedeno tří-žilovým kabelem typu CYSY o průřezu 2,5mm<sup>2</sup>.

Maximální dovolená teplota čerpané kapaliny je stanovena na 35°C, podobně jako u výše popisovaného ponorného čerpadla od výrobce Grundfos. čerpadla je vybaven termistorovou součástkou pro možné odpojení napájení motoru ve chvíli, kdy se celková teplota pohonu akčního členu dosáhne na výrobcem udávanou kritickou hodnotu. Během plnění primárního úkolu vstupního čerpadla mobilní úpravy surové vody se přehřátí pohonu čerpadla P1 se nepředpokládá. Jelikož vstupní čerpadlo P1 bude neustále ponořené pod vodní hladinou, chlazení pohonu i celého čerpadla bude zajištěno přítomností okolní surové vody. Čerpadlo Pumpa 90 QJD 126 je v základní konstrukci vybaveno zpětnou klapkou. Přítomnost zpětné klapky je velice přínosná z důvodu neustálé přítomnosti kapaliny v útrobach

ponorného čerpadla, jakmile dojde k rozběhnutí daného čerpadla, tak ve stejný okamžik dochází díky přítomné kapalině k ochlazení hnací hřídele. Tudíž čerpadlo je schopno pracovat bez rizika destrukce celého čerpacího mechanismu. Pokud by základní sestavení ponorného čerpadla Pumpa neobsahovalo zpětnou klapku, byla by instalace opatření proti zadření hnací hřídele složitá a komplikovala by ovládání celého procesu. Řešením by bylo k čerpadlu nainstalovat zásobník na surovou vodu, který by musel být naplněn před sepnutím ponorného čerpadla. Obsah daného zásobníku by se využíval pro zavodnění ponorného čerpadla. Tudíž před tím než by bylo možné čerpat surovou vodu do technologie mobilní úpravný, bylo by zapotřebí pomocí mechanického nebo solenoidového ventilu vypustit obsah zásobníku do útroby ponorného vstupního čerpadla. Po proběhnutí této operace by bylo možné bez problému spustit vstupní čerpadlo P1.[19]



Obrázek 4 Pumpa 90 QJD 126 [19]

Tabulka 2 Parametry: Pumpa 90 QJD 126 [19]

|                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Napětí                      | 230 V                            |
| Výkon                       | 1500 W                           |
| Maximální průtok            | 2 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> |
| Maximální výtlak            | 138 m                            |
| Plovák                      | Ne                               |
| Hloubka ponoru              | 20 m                             |
| Maximální teplota vody      | 35 °C                            |
| Délka přívodního kabelu     | 1 m                              |
| Maximální velikost nečistot | Pouze pro čistou vodu            |
| Tepelná ochrana             | Ano                              |
| Ochrana proti běhu na sucho | Ne                               |
| Regulace otáček             | Ne                               |
| Zpětná klapka               | Ano                              |

### 3.1.2 Dávkovací čerpadla P2 a P4

Jak již bylo zmiňováno v kapitole Technologický postup nebo Čerpadla, je nezbytné vybrat vhodné elektro-membránové dávkovací čerpadla pro dílčí úlohy čerpadel P2 a P4. Primární úlohou dávkovacího elektro-membránového čerpadla P2 je zajištění dostatečného množství organického koagulantu AYPAT 30 nebo PAX 18 do směšovače S1, ve kterém dochází k vytvoření směsi koagulantu a surové vody zbavené, většího počtu pevných částí, obsažených ve vodním zdroji, ze kterého je v danou chvíli čerpáno pomocí vstupního ponorného čerpadla P1.

Množství organického koagulantu, do směšovače S1 určuje výstupní měření, umístěné na výstupu hydrocyklonu, přes který je surová voda přečerpávána pomocí vstupního ponorného čerpadla P1. Měří se míra znečištění surové vody. Hydrocyklon v technologickém postupu slouží k oddělení surové vody a pevných částí. Čerpadlo P4 je určeno pro vyplnění dílčího úkolu dávkování sloučeniny NaClO do soustavy. Dávkování bude uvedeno do provozu ve chvíli, kdy se prokáže oxidace železa (Fe), anebo při zjištění zvýšeného množství manganu (Mn) v celkovém objemu upravené pitné vody. Stávající hodnota manganu (Mn) v obsahu upravené pitné vody se určí za pomoci externího vyhodnocovacího zařízení, umístěného mimo rozvodnou řídicí skříň RMK.

Sonda externího vyhodnocovacího zařízení se zabuduje ve výstupu mobilní úpravny surové vody. Z důvodu práce s chemickými sloučeninami je zapotřebí, aby zvolené elektro-membránové dávkovací čerpadla byla zhotovena z materiálů, jenž jsou kvalifikovány svou odolností vůči chemickým látkám. Dále bude vhodné vybrat dávkovací čerpadlo s dostatečným počtem zdvihů za jednotku času. S počtem zdvihů je velice úzce spjat maximální výstupní výtlačný tlak. Hodnota maximálního průtoku v tomto případě není primární vlastností, ale opomenout se také nesmí. Ovládání chodu dávkovacích čerpadel P2 a P4 bude vytvořeno za pomoci spínacích prvků stykače KM3 a KM5, jejichž sepnutí je ovládáno za pomoci řídicího systému, které bude vytvořeno z PLC systému výrobce Siemens.

#### SEKO INVIKTA KCS

První dávkovací čerpadlo, jenž bude popsáno v části dávkovací elektro-membránová čerpadla je akční člen od výrobce SEKO, který vlastní výrobní řadu čerpadel INVIKTA KCS. Zmiňované dávkovací čerpadlo je zkonstruováno pro snadné využití při dávkování zředěných kyselin, jako například jsou: kyselina chlorovodíková, sírová, citronová a další kapaliny, které jsou podobného charakteru. Využití dávkovacího elektro-membránového čerpadla není omezeno na přečerpávání pouze zředěných kapalin, může být využito pro úlohy, ve kterých je zapotřebí přesné dávkování koagulantů, např.: chlorid železitý a vápenatý, síran železitý a hlinitý, chlornan sodný, manganistan draselný a peroxid vodíku. Čerpadlo, jak již bylo zmíněno, pracuje na elektromagnetickém principu, se jmenovitým příkonem pohonu dávkovacího čerpadla 60 wattů. Dávkovací čerpadlo je schopno současně čerpat pouze jednu dávkovací kapalinu. Maximální průtok čerpadla SEKO INVIKTA KCS je výrobce staven na hodnotu 5l/hod. Výstupní výtlačný tlak dosahuje dle technických specifikací hodnoty 0,5MPa. Daný výtlačný tlak čerpadla je dostačující pro danou dílčí úlohu dle předběžných ustanovení a předpokladů. Popisovaný akční člen umožňuje počet dávkování požadované kapaliny 180 krát za minutu.[8]



Obrázek 5 SEKO INVIKTA KCS [8]

Tabulka 3 Parametry: SEKO INVIKTA KCS [8]

|                                     |                   |
|-------------------------------------|-------------------|
| Napětí                              | 230 V             |
| Výkon                               | 60 W              |
| Maximální počet zdvihů za min.      | 180               |
| Princip                             | Elektromagnetický |
| Maximální počet dávkovacích kapalin | 1                 |
| Krytí                               | IP65              |
| Maximální průtok                    | 5 l/hod.          |
| Maximální výtlačný tlak             | 0.5 MPa           |
| Dimenze připojení - sání            | 4/6               |
| Dimenze připojení - výtlač          | 4/6               |
| Materiálové provedení - hlava       | PVC               |
| Materiálové provedení - membrána    | PTFE              |
| Materiálové provedení - koule       | Pyrex             |
| Materiálové provedení - sedla       | FPM               |
| Materiálové provedení - o-kroužek   | FPM               |

### ETATRON DLX MA/AD

Druhým čerpadlem, které bylo vybráno do užšího výběru je akční člen DLX MA/AD od výrobce ELATRON. Dávkovací čerpadlo pracuje, též jako předchozí zástupce dávkovacích akčních členů na elektromagnetickém principu. Čerpadlo je schopné dle informací udávané výrobcem dávkovat potřebnou kapalinu s maximálním počtem zdvihů 120 za jednu minutu. Jednotlivé vykonané zdvihy jsou vykonány s maximálním výstupním tlakem 10 barů. Tato maximální hodnota výstupního tlaku je dvojnásobná než u výše vypsaneho akčního členu od výrobce SEKO. Přesto tuto vlastnost není možnost plně využít při aplikaci pro dílčí úlohu dávkovacího elektro-membránového čerpadla P2 nebo P4. ETATRON DLX MA/AD je schopen dávkovat danou kapalinu s maximálním průtokem 2 litry za hodinu. Čerpadlo je primárně určené pro dávkování chemikálií, např.: chlornan sodný, louh sodný tekutý, polyaluminium chlorid, síran hlinitý atd. Čerpadlo DLX MA/AD umožňuje koncové obsluze upravovat výkon. Výkon se dá regulovat pomocí dvou vícepolohových přepínačů. První přepínač slouží pro hrubou regulaci, kde je možné regulovat v rozmezí 0 – 100% celkového výkonu čerpadla. Druhý přepínač slouží pro jemnější regulaci v rozmezí 0 až 20% jmenovitého výkonu dávkovacího elektro-membránového čerpadla DLX MA/AD. Podobně jako předchozí popsané dávkovací čerpadlo,

i tento zástupce umožňuje pouze dávkování jedné zvolené kapaliny. Přívodní napájení je provedeno pomocí třížilového kabelu s označením CYSY o průměru jednotlivých vodičů 1,5mm<sup>2</sup>. Pohon čerpadla pro svůj plný provoz vyžaduje poloviční jmenovitý výkon než výše popsany zástupce firmy SEKO. Připojení vstupního sání a výstupního výtlačku je provedeno standardní velikostí trubiček o průměru 4/6 palce. Materiál, ze kterého byl zkonstruován vnitřní mechanismus dávkovacího elektro-membránového čerpadla, je téměř totožný z výše popsáním čerpadlem.[9]



Obrázek 6 ETATRON DLX MA/AD [9]

Tabulka 4 Parametry: ETATRON DLX MA/AD [9]

|                                     |                   |
|-------------------------------------|-------------------|
| Napětí                              | 230 V             |
| Výkon                               | 37 W              |
| Maximální počet zdvihů za min.      | 120               |
| Princip                             | Elektromagnetický |
| Maximální počet dávkovacích kapalin | 1                 |
| Krytí                               | IP65              |
| Maximální průtok                    | 2 l/hod.          |
| Maximální výtlačný tlak             | 10 bar            |
| Dimenze připojení - sání            | 4/6               |
| Dimenze připojení - výtlačk         | 4/6               |
| Materiálové provedení - hlava       | PP                |
| Materiálové provedení - membrána    | PTFE              |
| Materiálové provedení - koule       | Pyrex             |
| Materiálové provedení - sedla       | FPM               |
| Materiálové provedení - o-kroužek   | Viton             |



### 3.1.3 Filtrační čerpadlo P3

Pro ukončení podrobného rozboru akčních členů zbývá vybrat vhodné filtrační čerpadlo P3. Jak je patrné z technologického schématu a stejnojmenného popisu úpravy surové vody, bude zapotřebí vybrat filtrační čerpadlo, jenž bude schopné kvalitně vykonávat činnost, jemu určenou. Filtrační čerpadlo je určeno k přečerpávání surové vody z akumulární nádrže T2.1, která je součástí lamelového usazováku. Surová odstátá voda bude za pomoci tohoto čerpadla přemístěna na vstupy pískových filtrů F1 a F2, které jsou v celkové soustavě paralelně zapojeny. Výstupy pískových filtrů se setkávají na následující filtrační pasáži, jenž je sestavena z filtrační jednotky F3. Filtr F3 je naplněn aktivním uhlím.

Po provedení filtrace skrz aktivní uhlí následuje poslední filtrační operace. Ta je tvořena filtrem F4 s propustností 100 mikronů. Filtr F4 je využitý z důvodu zachycení úlomků aktivního uhlí z předešlé filtrační operace. Po dokončení filtrační úlohy putuje upravená pitná voda do externí nádrže T6, která je umístěna v blízkosti mobilní úpravny surové vody. Dle technologického schématu: část 2. zobrazující Obrázek 2 je patrné, že úloha čerpadla P3 je odebírat obsah nádrže T2,1 pro účel pískové filtrace přes paralelně zapojené filtry F1 a F2. Dále pak skrze filtr F3, jenž je naplněn aktivním uhlím, až do externí nádrže T6. Z uvedeného faktu, který popisuje výše vypsaná kapitola technologický postup je patrné, že vybrané čerpadlo musí mít dostatečný výstupní výtlač, aby bylo schopné dopravit surovou vodu z lamelového usazováku T2 až do externí nádrže T6.

Musíme zohlednit, že s přibývajícými cykly filtrace budou pískové filtry klást vyšší odpor. Pískové filtry sice budou promývány, ale přesto s tímto faktem je zapotřebí počítat. Dalším důležitou vlastností filtračního čerpadla musí být maximální průtok, jenž čerpadlo umožní. Chod filtračního čerpadla bude ovládán pomocí tlačítkového ovladače, jehož funkce bude splněna, pouze pokud bude minimální nebo pracovní hladina externí nádrže T6 a maximální a pracovní hladiny akumulární nádrže T2.1. Ve chvíli, kdy bude umožněno sepnutí akčního členu, je přivedeno stejnosměrných +24V na ovládací cívku stykače KM4.

#### GRUNDFOS CM 3-7 A-R-A-E - AQQE

Prvním kandidátem na pozici filtračního čerpadla P3 v technologii úpravy surové vody bylo zvoleno čerpadlo Grundfos CM3-7 A-R-A-E AQQE. Jedná se o horizontální vícestupňové odstředivé čerpadlo, které bylo zkonstruováno s axiálním sáním a následně bylo při realizaci využito radiálního výstupu pro výtlač. Čerpadlo obsahuje pohon akčního členu značky Grundfos s potřebou jednofázového napájení 220 - 240V. Pohon čerpadla dosahuje hodnoty jmenovitého příkonu 1400 wattů. Výkon čerpadla pro danou úlohu mobilní úpravny surové vody je ideálním z důvodu absence dvou napájecích fází. Čerpadlo Grundfos je vyrobeno z litiny. Filtrační čerpadlo P3 bude umístěno mezi lamelový usazovák a pískové filtry. Následně bude vhodně ukotveno, aby se zamezilo jakémukoliv nežádoucímu pohybu a zvýšenému hluku během chodu čerpadla. Maximální dopravní výška čerpadla, kterou dosahuje dle informací poskytnutých od výrobce je, 48,9 metrů. Chod celého čerpadla je velice tichý. Grundfos model CM umožňuje maximální přečerpávací průtok skrz čerpadlo 6000 litrů za hodinu. Čerpadlo je vhodné k čerpání neagresivních látek. Tato podmínka bude splněna. Filtrační čerpadlo sice bude přečerpávat koncentráty složené ze surové vody a organických koagulantů nebo s NaClO, ale bude se jednat o velice slabé koncentráty, které jsou pro materiál, z něhož je zhotovená mechanická část odstředivého čerpadla zanedbatelná.[18]



Obrázek 7 GRUNDFOS CM 3-7 A-R-A-E – AQQE [18]

Tabulka 5 Parametry: GRUNDFOS CM 3-7 A-R-A-E-AQQE [18]

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| Napětí                              | 230 V      |
| Výkon                               | 1,4 kW     |
| Princip                             | Odstředivý |
| Maximální počet dávkovacích kapalin | 1          |
| Krytí                               | IP65       |
| Výtlak                              | 48,9 m     |
| Maximální průtok                    | 6000 l/hod |

#### Aquacup MOUSE 60

Posledním zmíněným čerpadlem v této práci bude akční člen Aquacup MOUSE 60. Jedná se o čerpadlo pracující na odstředivém principu. Pohon odstředivého čerpadla Aquacup Mouse 60 dosahuje jmenovitého výkonu 370 watt. Maximální výstupní výtlak čerpadla, které popisované čerpadlo je vytvoří, dosahuje hodnoty 40 metrů. Daný popisovaný akční člen je schopen, dle tabulkových hodnot vytvořit, maximální průtok požadované kapaliny během přečerpávání 2400 litrů za hodinu. Konstrukce čerpadla je zhotovena z litiny, stejně jako tomu je u předchozího zástupce firmy Grundfos. Krytí celkového odstředivého čerpadla je zhotoveno, aby splňovalo stupeň krytí IP44 dle normy ČSN EN 60 529. Čerpadlo je vhodné pro využití přečerpávání čisté vody bez příměsí pevného materiálu.

Akční člen Aquacup Mouse 60 vyžaduje pro svůj plný chod pohon s mnohem menším jmenovitým příkonem než výše popisované čerpadlo Grundfos, což by bylo přívětivé pro stav této úlohy, kdy jsou postrádány dvě napájecí fáze. Ale díky tak malému jmenovitému výkonu pohonu čerpadla zaostává Aquacup Mouse 60 v jiných ohledech, které v případě filtračního čerpadla nelze přehlížet. V první řadě zaostává za čerpadlem Grundfos ve výtlaku, dále pak v možném maximálním průtoku kapaliny skrz odstředivé čerpadlo. Výše zmiňované čerpadlo výrobce Grundfos má zhruba trojnásobně vyšší průtok čerpané kapaliny. Tato skutečnost čerpadlo Aquacup velmi znevýhodňuje.[10]



Obrázek 8 Aquacup MOUSE 60 [10]

Tabulka 6 Parametry: Aquacup MOUSE 60 [10]

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| Napětí                              | 230 V      |
| Výkon                               | 370 W      |
| Princip                             | Odstředivý |
| Maximální počet dávkovacích kapalin | 1          |
| Krytí                               | IP44       |
| Výtlak                              | 40 m       |
| Maximální průtok                    | 2400 l/hod |

### 3.1.4 Zhodnocení výběru akčních prvků

Cílem této kapitoly je srovnat a vyhodnotit nejvhodnější čerpadla z výše vypsanych pro dané úlohy. Je zapotřebí vybrat vhodná čerpadla, aby nedošlo poddimenzování nebo naopak ke zbytečnému předimenzování výkonu, čímž by se vázala i vyšší cena celkového výrobku. Pro úlohu vstupního čerpadla P1 byl vybrán model Grundfos SB 3-45 M. Druhý model Pumpa 90 QJD 126 sice umožňuje mnohem vyšší výtlak, ale pro danou aplikaci je to nevyužitelné. Pro úlohu vstupního čerpadla je zapotřebí dosáhnout dostatečného průtoku, který dosáhneme s čerpadlem Grundfos SB 3-45 M. Následující výhodou vybraného čerpadla je přítomnost sacího koše s propustností částí do velikosti 1mm. Pro vybrání čerpadla Grundfos SB 3-45 M také přispěl fakt, že oproti čerpadlu Pumpa 90 QJD 126 potřebuje pro svůj chod menší příkon, jelikož jeden ze základních požadavků zákazníka byl, aby daná úpravna byla provozována pouze na jedné napájecí fázi.

V poslední řadě je u zvoleného čerpadla výhodou plastová konstrukce, díky které se snadno s čerpadlem manipuluje. Čerpadlo Pumpa 90 QJD 126, je celé v nerezovém plášti. Také cena výsledného produktu je díky tomuto aspektu rozdílná. Z dále vypsanych čerpadel pro úlohu dávkovacích čerpadel P2 a P4 byl vybrán model ETATRON DLX MA/AD. Čerpadlo SEKO INVIKTA KCS umožňuje vyšší počet maximálních zdvihů i maximální průtok, ale v tomto případě by potenciál tohoto čerpadla nebyl využit. S vyššími hodnotami maximálních zdvihů a průtoku čerpadla také narůstá potřebný příkon pro chod čerpadla. ETATRON DLX MA/AD potřebuje pro svůj chod zhruba o polovinu menší výkon než SEKO INVIKTA KCS, což je při absenci dvou napájecích fází také rozhodující faktor. V poslední fázi je zapotřebí vybrat filtrační čerpadlo. Vybráno bylo čerpadlo GRUNDFOS CM 3-7 A-R-A-E - AQQE. Pohon druhého srovnávaného čerpadla Aquacup MOUSE 60 potřebuje pro svůj plný chod mnohem menší příkon, ale rozdíl v hodnotě maximálního průtoku je velice rozdílná. Dále pro vybraný model čerpadla GRUNDFOS přispívají rozměry daného výrobku. Díky svému tvaru lze snadno čerpadlo

zabudovat mezi lamelový usazovák a pískové filtry. Posledním faktorem přispívající k vybrání onoho modelu je velice snadná dostupnost náhradních dílů v místě nadcházejícího stanoviště úpravy surové vody.

### **3.2 Snímání hladin**

V této části bakalářské práce budou rozebrány snímače hladin umístěné v externí nádrži T6 a v akumulární nádrži T2.1. Díky snímání požadovaných hladin bude možné za pomoci řídicího systému obsaženého v rozvodné skříni RMK ovládat chod vstupního ponorného čerpadla P1 a filtračního odstředivého čerpadla P3. V obou nádržích je zapotřebí snímat tři úrovně hladin:

- Maximální
- Pracovní
- Minimální

Dle technologického schématu vychází funkce snímačů požadovaných hladin jednoznačně. Pro možné sepnutí vstupního ponorného čerpadla Grundfos SB3-45M je zapotřebí, aby v akumulární nádrži T2.1 byla sepnuta minimální nebo pracovní hladina. V takovém případě bude možné vstupní čerpadlo P1 spustit dokud nenastane stav, kdy bude sepnut snímač maximální hladiny v akumulární nádrži T2.1. Jakmile surová voda v akumulární nádrži dosáhne maximální hladiny, tak řídicí algoritmus odpojí vstupní čerpadlo a nebude možné v tomto stavu ho opětovně spustit.

Ovládání filtračního čerpadla P3 bude mnohem složitější. Zatím, co vstupní čerpadlo je vázáno na hladinu surové vody v akumulární nádrži T2.1, tak chod filtračního čerpadla P3 je ovlivňován snímači umístěných v akumulární nádrži T2.1 a také v externí nádrži T6. Prvotní podmínka pro rozběh filtračního čerpadla P3 je, aby v akumulární nádrži T2.1 byla maximální nebo pracovní hladina. Ve chvíli, kdy nastane minimální hladina surové vody v akumulární nádrži T2.1 bude řídicím systémem filtrační čerpadlo P3 odpojeno.

Jakmile je tato první část vstupní podmínky pro chod filtračního čerpadla P3 splněna, tak je zapotřebí zjistit v jakém stavu je zbytek snímaných hladin v externí nádrži. Pro chod filtračního čerpadla P3 je zapotřebí, aby hladina pitné upravené vody dosahovala minimální nebo pracovní úrovně. Když dojde k sepnutí snímače hlídající maximální hladinu, nastane odpojení filtračního čerpadla od napájení. Snímání hladin se uskuteční za pomoci plovákových nebo vibračních snímačů od výrobců NIVELCO, Honeywell a SICK.

#### **3.2.1 Externí nádrž T6**

Externí nádrž T6 je postavena v blízkosti kontejnerové úpravy surové vody. Je naplňována za pomoci odstředivého filtračního čerpadla P3 Grundfos SB3-45M. Již výše zvolené filtrační čerpadlo P3 za pomoci paralelních pískových filtrů F1, F2 a filtru F3 obsahující aktivní uhlí přivádí již upravenou pitnou vodou do této nádrže. Objem externí nádrže za pomoci přítomné vodárny lze přivést do vodovodního řádu pro potřeby koncových uživatelů. Jak již bylo výše zmíněno, je zapotřebí externí nádrž vybavit třemi snímači (snímacími prvky) pro možné hlídání maximální, pracovní a minimální hladiny. Výstupy těchto snímacích prvků je po té zapotřebí dopravit na digitální vstupy zvolené řídicí jednotky, jenž bude zabudována v rozvodné skříni RMK.



**Obrázek 9 Externí nádrže T6**

### **NIVELCO NIVOFLOAT**

Pro snímání hladin v externí nádrži T6 by bylo možné využít plovákový snímač NIVOFLOAT vytvořený firmou NIVELCO. Jedná se jednoduchý plovákový spínač s ideálním využitím pro snímání hladin čistých, průmyslových a odpadních vod. Tímto spínačem lze snadno vybavit jakékoliv čerpadlo jako ochranu proti chodu nasucho. Princip vnitřního spínače je možné si představit jako obyčejný přepínač. Pouzdro snímače NIVOFLOAT je zhotoveno z dvojitého polypropylenového pláště, který již obstál velmi obstojně v několika náročných provozech. Například snímání minimální hladiny v jímce obsahující koncentrát z kyseliny HCl v neutralizační stanici. Vně pláště se nachází bez rtuťový spínací mechanismus, jenž je schopen spínat již pod úhlem 45°. Životnost spínacího mechanismu, který je obsažen v daném plovákovém snímači hladin dosahuje hodnoty  $10^7$  sepnutí, což umožňuje velice dlouhou životnost tohoto snímače hladiny. Instalace do nádrží, ve kterých je zapotřebí snímání požadovaných hladin, je velice snadné. Buď to je možné využít závaží dodávaného spolu s plovákovým snímačem, anebo je vhodné využít vhodné trubky, kterou bude provlečen přívodní kabel.[11]



**Obrázek 10 NIVELCO NIVOFLOAT [11]**

**Tabulka 7 Parametry: NIVELCO NIVOFLOAT [11]**

|                                      |                     |
|--------------------------------------|---------------------|
| Napětí                               | 250 V ac / 24 V dc  |
| Maximální proudové zatížení kontaktů | 16 A                |
| Maximální teplota média              | +50 °C              |
| Maximální tlak                       | 0,1 MPa             |
| Krytí                                | IP68                |
| Materiál plováku                     | Polypropylen        |
| Maximální počet sepnutí              | 10 <sup>7</sup>     |
| Objem plováku                        | 430 cm <sup>3</sup> |

### **SICK LFT2000**

Pro snímání požadovaných hladin v externí nádrži T6 by se snadno mohlo využít i snímače LFT od výrobce SICK, který využívá princip odrazu elektromagnetické vlny od hladiny kapaliny. Snímač dovoluje snímání více hladin, ale pouze za předpokladu, že bude přítomná obsluha, která bude ručně přepínat hlavici snímače mezi jednotlivými hladinami. Z tohoto důvodu neodpadá potřeba tří samostatných snímačů zabudovaných v externí nádrži T6. Snímací člen LFT2000 neobsahuje žádné pohyblivé části, které by mohly vlivem mechanického opotřebení vyřadit celý snímač hladiny mimo provoz. Délka sondy snímače LFT je výrobce SICK nabízena v několika délkových variantách od základního rozměru 200mm až po maximální délku činící 2000 mm.

Většina obdobných snímacích prvků, pracujících na podobném principu, vyžaduje překalibrování ve chvíli, kdy dojde ke změně hustoty kapaliny, jejíž hladinu je zapotřebí snímat. Po dosazení snímacího prvku LFT2000 do celkové sestavy není zapotřebí kalibrace snímače při jakékoliv změně hustoty snímané kapaliny. Nevýhodou popisovaného snímače je naprostá nemožnost jakékoliv detekce v okamžiku, kdy na hladině snímané kapaliny se vytvoří vrstva pěny. Tato nevýhoda pro dílčí úlohu snímání minimální, pracovní a maximální hladiny upravené pitné vody nehraje žádnou roli. Vytvoření vrstvy pěny nebo jakékoliv obdobné vrstvy v daném případě nehrozí. Snímač LFT umožňuje pouze vertikální instalaci do nádrže.[12]



**Obrázek 11 SICK LFT2000 [12]**

**Tabulka 8 Parametry: SICK LFT0200 [12]**

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Napětí                | 18 -30 V dc  |
| Analogový rozsah      | 4 - 20 mA    |
| Maximální teplota     | +80 °C       |
| Minimální teplota     | -40 °C       |
| Maximální tlak        | 1 bar        |
| Krytí                 | IP67         |
| Materiál pláště       | Polypropylen |
| Maximální délka sondy | 2000 mm      |
| Minimální délka sondy | 200 mm       |

### **3.2.2 Akumulační nádrž T2.1**

Akumulační nádrž je součástí lamelového usazováku T2, ze kterého přepadem natéká odstátá voda do druhé části nádrže nazývané akumulací nádrž T2.1. Z nádrže T2.1 je dále surová odstátá voda přečerpávána filtračním odstředivým čerpadlem P3 skrz čtveřici filtrů F1,F2,F3 a F4 do externí nádrže popisované v předchozí části kapitoly snímací prvky. Akumulační nádrž musí být vybavena snímači hladin, díky kterým bude možno řídit chod vstupního a filtračního čerpadla. Tak, aby se zabránilo chodu na sucho a přetečení lamelového usazováku nebo externí nádrže T6.



**Obrázek 12 Lamelový usazovák T2**

### **Honeywell LRNH31S42**

Výrobní řada LRN plovákových snímačů od výrobce Honeywell se vyrábí ve variantách vodorovných, svislých a pravoúhlých. Plovákový spínač nabízí dle potřeb koncového uživatele možnost nastavení spínacího nebo rozpínacího kontaktu. Univerzální montážní souprava, která dodávána v balení plovákového spínače umožňuje snadnou vnitřní nebo vnější montáž. LRNH31S42 je schopen snímat změny hladiny v kapalině o hustotě od 650 kg/m<sup>3</sup> výše. Nesmírnou výhodou tohoto snímače je malá velikost. Z čehož vyplývá, že je možné jej využít u aplikací, kde není mnoho místa k potřebné manipulaci při montáži snímače. Zároveň je tento snímací prvek nevhodné využít pro snímání zvířených

hladin. Jako příklad, kde není vhodné umístit jakýkoli snímací prvek Honeywell z výrobní řady LRN, může být nádrž obsahující míchadlo. V okamžiku, kdy dochází ke zvíření hladiny, nastává problém, a to z důvodu, že plovák plovákového snímače bude zvířenou hladinou kapaliny neustále přepínán ze stavu sepnutého do rozepnutého. Tato situace se dále projeví jako neustálé spínání a rozpínání ovládacího stykače pohonu motoru. To má za následek zbytečné opalování kontaktů stykače. Z toho důvodu je nevhodné využívat konstrukci plovákových snímačů hladin pro zvířené a neklidné hladiny snímaných kapalin.[13]



Obrázek 13 Honeywell LRNH31S42 [13]

Tabulka 9 Parametry Honeywell LRNH31S42 [13]

|  |                    |
|--|--------------------|
| Napětí                                 | 250 V ac / 24 V dc |
| Maximální proudové zatížení kontaktů   | 1 A                |
| Maximální teplota média                | +110 °C            |
| Minimální teplota média                | -30 °C             |
| Krytí                                  | IP68               |
| Materiál plováku                       | Polypropylen       |
| Jmenovitý stejnosměrný výkon kontaktu  | 15 W               |
| Maximální rozepínatelné napětí AC / DC | 300 / 800          |

#### NIVELCO RCM-400-1

Dalším zástupcem, reprezentující společnost NIVELCO, je vibrační snímač RCM-400-1. Tento snímač neobsahuje žádnou pohyblivou část jako je to u předchozího snímače řady LRN. Využívá ke snímání hladin pouze nerezovou vidlici, která může dosahovat délky až 3 metrů. Díky nepohyblivým částem je tento vibrační snímač ideální pro snímání hladin v nádobách např. spolu s míchadlem nebo průtoků v potrubí. Z důvodu nerezového pláště jej lze využít do agresivních a výbušných prostředí. Samotná elektronika snímače nám umožňuje různé varianty výstupů a nastavitelnou citlivost samotného snímače. Jako nejpoužívanější varianty, které výchozí elektronika snímače nabízí je přepínání spínacího a rozpínacího kontaktu. Nebo výběr polarit signálu. Umožňuje ovládání za pomoci kladného nebo záporného pólu stejnosměrného napětí. RCM-400-1 nabízí pouze boční instalaci do nádrží. Proto je nezbytně důležité při montáži věnovat pozor správnému umístění těsnění, které se navléká na palcový závit umístěný za vibrační vidlicí. Výrobce ve svých technických údajích nabízí délku vibračních vidlic od rozměru 69mm až po délku 3000mm.[6]





Obrázek 14 NIVELCO RCM-400-1 [6]

Tabulka 10 Parametry: NIVELCO RCM-400-1 [6]

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| Napětí                  | 250 V ac / 24 V dc |
| Maximální tlak          | 40 bar             |
| Maximální teplota média | +130 °C            |
| Minimální teplota média | -40 °C             |
| Krytí                   | IP68               |
| Materiál pláště         | Nerez              |
| Délka sond              | 69 - 3000 mm       |
| Výstup                  | PNP nebo NPN       |

### 3.2.3 Zhodnocení výběru snímacích prvků

Pro snímání hladin byl vybrán snímač NIVELCO NIVOFLOAT z důvodu naprosté jednoduchosti výrobku. Díky polypropylenovým trubkám instalovaných vně externí nádrže, lze snadno instalaci plovákového snímače provést. Druhý srovnávaný snímač od výrobce SICK nabízí nepatrně jednodušší instalaci, ale z finančního hlediska by se při použití tohoto snímače úloha velmi prodražila. Snímač LFT umí pracovat s více hladinami, ale pouze při manuální obsluze. Proto je mnohem výhodnější užít několika jednoduchých plovákových spínačů připojených přímo na vstupní kartu řídicího systému. Z důvodu velmi malého prostoru, který zbude po sestavení celé technologie v kontejnerové úpravně surové vody, bude snímání hladin v akumulační nádrži T2.1 realizováno snímačem LRNH31S42 od výrobce Honeywell. Návrh sestavení technologie lze shlédnout v příloze č.. Dalším aspektem, který přispěl pro zvolení plovákového spínače, byla absence jakékoliv agresivní látky, výbušného prostředí nebo zvířené hladiny. Proto je zbytečné využívat nerezového vibračního snímače od výrobce NIVELCO. Pro tento dílčí úkol jsou vlastnosti vibračního snímače nevyužitelné.

### 3.3 Řídicí systém

V tuto chvíli je zapotřebí vybrat vhodný řídicí systém, který bude zaměstnán ovládáním celé technologické úpravy surové vody. Řídicí algoritmus bude muset být vytvořen tak, aby byl schopen reagovat na změny snímaných hladin, množství měřených látek železa (Fe), manganu (Mn) a NaClO. Řídicí systém bude složen z průmyslového počítače tzv. PLC. Dané PLC musí obsahovat dostatečný počet digitálních a analogových vstupů i výstupů. Digitální vstupy se využijí pro připojení snímacích prvků maximálních, pracovních a minimálních hladin. Dále pak pro ovládací tlačítka, jimiž lze uvést do provozu jednotlivé akční členy, jako jsou vstupní ponorné čerpadlo P1 Grundfos SB 3-45 M a filtrační odstředivé čerpadlo P3 GRUNDFOS CM 3-7 A-R-A-E – AQQE.

Také je zapotřebí neopomenout tlačítkové ovladače pro zapnutí a vypnutí ovládání rozvodné skříně RMK a bezpečnostní tlačítko Total stopu pro odstavení celého procesu. I tyto tlačítkové ovladače je nutné přivést na jednotlivé digitální vstupy daného PLC. S využitím analogových vstupů a výstupů se zatím v této fázi projektu neuvažuje. Ale bude vybrána řídicí jednotka, která tyto analogové vstupy a výstupy bude vlastnit z důvodu možnosti jednoduchého rozšíření například pro měření tlaků v potrubí, nádržích nebo filtrech. Dalším požadovaným aspektem pro výběr daného PLC je přítomnost Ethernetové zásuvky. Ethernet kabel bude využit dle předběžných předpokladů pro komunikaci s interaktivním displejem zobrazující současný stav celé technologie. Zobrazovací panel bude umístěn na čelní straně rozvodné ovládací skříně RMK. V poslední řadě vybrané PLC musí být od výrobce Siemens, tato počáteční podmínka je zadavatelem úlohy určená. Proto byly ke srovnání vybrány PLC:

- Siemens S-7 1212C DC/DC/RLY
- Siemens LOGO!

#### 3.3.1 Siemens 1212C DC/DC/RLY

Řídicí jednotka od výrobce Siemens výrobní řady 1200 je velice oblíbená pro ovládání výrobních procesů v mnoha různých průmyslových odvětvích. Výrobní řada 1200 nabízí velice pestrou škálu možností využití. Nesmírnou výhodou díky velké oblibě v používání této modelové řady v průmyslu je snadná dostupnost instrukcí a pokynů jako vytvořit rychle a elegantně řídicí algoritmus. Základní sestava řídicího modulu typu 1212C DC/DC/RLY nabízí 8 digitálních vstupů pro možné připojení spínacích prvků, jako například jsou ovládací tlačítka na dveřích rozvaděče RMK nebo výše zmiňované snímače hladin.

Po přivedení vstupních signálů, jenž definují stav regulované soustavy je zapotřebí digitálních výstupů, kterými bude možné ovládat akční členy. U tohoto modelu zde nacházíme 6 digitálních výstupů, které mohou sloužit pro sepnutí spínacích prvků, např.: ovládacích cívek relé nebo stykače. Jako poslední položky na svorkovnicích se nachází 2 analogové vstupy sloužící k připojení např.: snímačů tlaků. Napájení celého PLC a jednotlivých výstupních svorkovnic je realizováno za pomoci stejnosměrného napětí o hodnotě 24 V. Paměť pro uložení řídicího algoritmu dosahuje hodnoty až 75 KB. Řídicí algoritmus lze vytvořit v programu S7 TIA, jenž je vytvářen firmou Siemens a za poslední roky získal bohatou zákaznickou podporu.[14]



Obrázek 15 Siemens 1212C DC/DC/RLY [14]

Tabulka 11 Parametry: 1212C DC/DC/RLY [14]

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Napětí               | 24 V dc |
| Digitální vstupy     | 8       |
| Digitální výstupy    | 6       |
| Analogové vstupy     | 2       |
| Paměť                | 75 KB   |
| Ethernet             | 1       |
| Komunikační protokol | TCP/IP  |
| Verze firmware       | 4.1     |

### 3.3.2 Siemens LOGO! 24C

Následujícím kandidátem pro vhodnou řídicí jednotku celé technologického procesu mobilní úpravy surové vody se stal výrobek společnosti Siemens LOGO! 24C. Tento výrobek se, obdobně jako výše zmiňované PLC modelové řady 1200, pyšní velkou oblibou a popularitou. LOGO!, sice jako jeho předchůdce, neumožňuje tak široké využití pro ovládání průmyslových procesů, ale svou oblibu si získal při ovládání jednoduchých aplikací. Také je nutné zdůraznit, že vytvoření ovládacího algoritmu celé úlohy je velice jednoduché. Vytváří se za pomoci liniových schémat. Díky tomu není potřeba velkých znalostí pro vytvoření vlastního algoritmu.

Základní sestava popisovaného modelu LOGO! 24C vlastní 8 digitálních vstupů pro připojení libovolných ovládacích prvků charakterizujících stav dané regulované soustavy. Dále na svorkovnici vstupních veličin nacházíme 4 analogové vstupy pro snímání spojitých veličin, které lze vynášet v grafech například na operátorský panel. Počet digitálních výstupů je zde omezen, oproti předešlému PLC, na hodnotu 4. Vnitřní paměť daného PLC omezuje rozsáhlost řídicího algoritmu na 200 použitelných bloků. LOGO! Standardně obsahuje reálné časové hodiny. U této konfigurace je absence Ethernet portu. Pokud by daná úloha vyžadovala komunikaci díky Ethernetu, bude zapotřebí přikoupit přídatnou převodníkovou kartu. Algoritmus pro řízení dané úlohy lze snadno vytvořit ve vývojovém prostředí LOGOsoft. [15]



Obrázek 16 Siemens LOGO! 24C [15]

Tabulka 12 Parametry LOGO! 24C [15]

|                                      |               |
|--------------------------------------|---------------|
| Napětí                               | 24 V dc       |
| Digitální vstupy                     | 8             |
| Digitální výstupy                    | 4             |
| Analogové vstupy                     | 4             |
| Paměť                                | 200 bloků     |
| Ethernet                             | 0             |
| Maximální proudové zatížení kontaktů | 1 A           |
| Digitální výstupy                    | Tranzistorové |

### 3.3.3 Zhodnocení výběru řídicího systému

Po vyhodnocení jednotlivých aspektů bylo na post řídicí jednoty vybráno PLC Siemens 1212C DC/DC/RLY. Dané rozhodnutí padlo z několika důvodů. V první řadě absence licence pro potřebné vývojové prostředí LOGOsoft. Pro možné použití modulu LOGO! by bylo zapotřebí tuto licenci koupit, jelikož výrobce daného PLC Siemens nenabízí studentskou verzi licenci pro vývojové prostředí potřebné k možnému sestavení vlastního řídicího algoritmu. Další výhodou vybraného PLC je vyšší počet digitálních vstupů a výstupů.

Také přídatné moduly, jenž je možné zakoupit obsahují vyšší počet pomocných digitálních vstupů a výstupů. Spolu s touto výhodou se poutá fakt, že přídatné karty mají mnohem nižší pořizovací cenu a snazší dostupnost na českém trhu. Nevýhodou LOGO! 24C je absence Ethernetového portu pro možnou komunikaci s dalšími periferiemi v základním sestavení. Posledním kladným aspektem pro výběr PLC 1212C je podrobné seznámení s řídicí jednotkou v rámci předmětu: Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů. Z čehož vyplývá snadnější vytvoření řídicího algoritmu a případného servisního zásahu.

### 3.4 Jistící prvky

Poslední potřebné hardwarové komponenty, které je zapotřebí vybrat jsou jistící prvky. Při výběru jistících prvků bylo uvažováno ze dvou předních výrobců: Schneider Electric a OEZ. Jistící prvky jsou nezbytnou součástí, bez které nelze realizovat jakýkoliv řídicí aparát. Je nesmírně důležité dbát na bezpečnost osob, které se v blízkosti daných součástí ovládacího mechanismu pohybují. Pro korektní

provedení správného jištění je zapotřebí dodržet standardy popisující normou ČSN 33 2000-4-41 ed. 2. Hlavní důraz při výběru vhodné modelové řady jisticích prvků byl kladen na tři základní parametry:

- Jmenovitý proud
- Jmenovitá zkratová schopnost pro obvody AC
- Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost pro obvody DC

Tyto parametry jsou hlavní prioritou z důvodu využití pouze jedné napájecí fáze. Jelikož veškeré spotřebiče budou napájeny pouze z jedné fáze. Tudiž je zapotřebí na tuto skutečnost nezapomenout a vybrat jisticí prvky z vyšším jmenovitým proudem a zkratovou schopností než u běžných zapojení s třífázovým napájením.

### 3.4.1 OEZ

Z katalogu výrobce OEZ byla vybrána řada jisticích prvků LSN 63A. Tato řada nabízí jisticí prvky se jmenovitým proudem v rozmezí od 0,2 až 63 A. Dále díky této řadě je možnost získat jmenovitou zkratovou schopnost pro obvody AC 10kA a jmenovitou mezní zkratovou vypínací schopnost pro obvody DC 10kA. [16]



Obrázek 17 OEZ LSN B10 63A [16]

Tabulka 13 Parametry řady OEZ LSN 63A [16]

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Charakteristika vypínací                                      | B, C, D               |
| Jmenovitý proud   | 0,2 - 63 A            |
| Jmenovité pracovní napětí AC                                  | 230/400 V AC          |
| Jmenovité pracovní napětí DC                                  | 48 V DC, 220/440 V DC |
| Jmenovitá zkratová schopnost / 230 V AC                       | 10 kA                 |
| Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost / 220/440 V DC    | 10 kA                 |
| Jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost / 220/440 V DC | 100 % Icu             |
| Krytí   | IP20                  |
| Počet pólů  | 1, 1+N, 2, 3, 3+N     |
| Vodič tuhý max.   | 25 mm <sup>2</sup>    |

### 3.4.2 Schneider Electric

Společnost Schneider Electric nabízí velice zajímavou modelovou řadu jisticích prvků Acti9. Tato modelová řada také splňuje základní podmínku jmenovitého proudu 63A. Dále pro použité napětí 230V AC se vypínací schopnost jisticího prvku vyšplhala na trojnásobnou hodnotu proudu oproti předchozímu modelu LSN 63A od výrobce OEZ. Následující kladná informace se nachází v Tabulce 4, kde je možné se dozvědět, jaký největší průměr vodiče lze připojit.[17]



Obrázek 18 Schneider Electric Acti9 iC60 [17]

Tabulka 14 Parametry Schneider Electric Acti9 [17]

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Charakteristika vypínací                                      | B, C, D               |
| Jmenovitý proud   | 1 - 63 A              |
| Jmenovité pracovní napětí AC                                  | 230/400 V AC          |
| Jmenovité pracovní napětí DC                                  | 48 V DC, 220/440 V DC |
| Jmenovitá zkratová schopnost / 230 V AC                       | 30 kA                 |
| Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost / 220/440 V DC    | 15 kA                 |
| Jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost / 220/440 V DC | 100 % Icu             |
| Krytí   | IP20                  |
| Počet pólů  | 1, 1+N, 2, 3, 3+N     |
| Vodič tuhý max.   | 35 mm <sup>2</sup>    |

### 3.4.3 Zhodnocení výběru jisticích prvků

Z následujících výše vypsanych výrobců jisticích prvků byl pro danou úlohu vybrán výrobce Schneider Electric s výrobní řadou Acti9. U všech daných výrobců lze nalézt výrobní řadu, která splňuje podmínku jmenovitého proudu 63A. Hlavní rozdíl nastává při srovnání jmenovité zkratové schopnosti. U výrobce OEZ se tato schopnost dostává na hodnotu 10kA. Pouze u výrobce Schneider Electric je možnost získat hodnotu až 15kA. Následující výhodou Acti9 je možnost připojení vodiče o maximálním průřezu až 35mm<sup>2</sup>, což je o 10mm<sup>2</sup> více než u výrobce OEZ. Spolu s touto výhodou souvisí další kladná vlastnost, kterou je přítomnost druhého otvoru pro připojení vodiče o maximálním průřezu až 25mm<sup>2</sup>. Pro využití výrobní řady Acti9 je uživateli dále nabízena obrovská škála možných příslušenství, které umožňují snadnou instalaci do systému jisticích prvků výrobce Schneider Electric.

## 4 Analýza, návrh a implementace řízení úpravy

Během předchozí kapitoly analýza, návrh a projektování hardwarové části úpravy byly vybrány nejvhodnější hardwarové komponenty na sestavení požadované mobilní úpravy surové vody. Díky vybraným komponentům bylo vytvořeno elektrické schéma v programu SchémataCAD a návrh uspořádání atypické výzbroje za pomoci software Autodesk Inventor. Po sestavení 3D modelu bylo možné vybrat vhodnou sklolaminátovou skříň o požadovaných rozměrech. Dále se tato kapitola bude soustředit na sestavení rozvodné skříně RMK a elektroinstalace mobilního kontejneru, do kterého bude zabudována celá výrobní technologie. V poslední části bude zapotřebí vytvořit řídicí algoritmus do vybraného PLC od firmy Siemens. Spolu s tvorbou programové části je úzce spjato vytvoření uživatelského prostředí, jenž bude mít za úkol informovat obsluhu o současném stavu technologickém procesu. Dále bude nabízet uživateli výpis motohodin, servisní zásahy, úpravu cyklů promývání pískových filtrů.

### 4.1 Rozvaděč RMK

V první fázi je zapotřebí sestavit rozvodnou ovládací skříň RMK. Ta bude vytvořena za pomoci sklolaminátové skříně Thalassa 58327 s vnějšími rozměry 547x436x250 mm. Přívodní kabel, jímž bude napájena celá rozvodná skříň RMK bude vycházet z centrálního rozvaděče mobilního kontejneru umístěného na stropě, viz příloha číslo II. Přívodní napájecí kabel pro RMK, bude tvořen typem kabeláže CYKY 3x4mm<sup>2</sup>. Celá výrobní technologie bude napájena pouze jednou napájecí fází, z důvodu absence zbývajících dvou napájecích fází na místech provozu mobilních úpraven surové vody.

Z tohoto důvodu je zapotřebí vybrat vhodný průměr vodičů, jimiž budou spojovány veškeré prvky obsažené v RMK. Přívodní napájecí kabel s označením WL1 bude připojen na přívodní svorkovnici. Z této přívodní svorkovnice pomocí vodiče CYA 4mm<sup>2</sup> byl dále propojen hlavní vypínač QS, jenž je konstruovaný na vypínací schopnost s proudovým omezením do 40A. Z výstupu za pomoci stejného průměru vodiče byl propojen vstup hlavního jističího prvku F1. Jednofázový jistič firmy Schneider Electric výrobní řady Acti9 je konstruován na jmenovitý proud 32A.

Z výstupu hlavního jističího prvku rozvaděče RMK jsou propojeny vstupní svorkovnice prvků jako je stykač KM1a jistič F2, který zajišťuje odpojení montážní zásuvky XS1 v případě poruchy. Dále z výstupem F1 je spojen jističí prvek F3, jenž je předřazen záložnímu zdroji UPS. Jako poslední prvky spojené s výstupem F1 je vstup A1 spínací cívky přepětového relé a zelená signální kontrolka H1 s popisem Síť. Z výstupu jističího prvku F2 vychází napájecí fázový vodič pro připojení montážní zásuvky XS1, jističí prvek F3, který slouží jako prvotní ochrana vůči destrukci záložního zdroje UPS. Záložní zdroj je zde připojen kvůli co nejmenším výkyvům napájecího napětí přivedené na řídicí jednotku Siemens 1212C DC/DC/RLY. Stabilizované napětí, vycházející z výstupních svorek záložního zdroje UPS, je poskytnuto pro vstupní svorky průmyslového zdroje VC1 výrobce Axima do proudové hodnoty 3A. Z průmyslového zdroje VC1 jsou dále napájeny ovládací tlačítka umístěné na čelní straně RMK, napájení interaktivního displeje a celý řídicí PLC systém za pomoci vodiče CYA o průměru 0,75mm<sup>2</sup>.

Pro možné jakékoliv ovládání celé technologie je zapotřebí sepnout tlačítko SB1 s popisem zapnout ovládání. Pokud tak neučiníme, není možné, aby se nám technologický proces jakkoliv uvedl

do provozu. Na výstupních svorkách ovládacího stykače KM1 jsou zapojeny jistící prvky F6 až F11 sloužící pro ochranu obsluhy a mechanickým poškozením napájených periférií. Z výstupu jistících prvků jsou přivedeny napájecí fáze na spínací prvky tzv. stykače KM2 až KM5. Díky těmto prvkům lze snadno ovládat pomocí PLC modulu celý technologický proces.

V klasickém standardním zapojení by bylo pokračováno přes konečné výstupní svorky, kde by byly dané periferie rovnou připojeny napájecím kabelem. V tomto případě jsou mezi koncovými svorkovnicemi rozvaděče RMK a ovládaným akčním členem vloženy zásuvky typu krytí IP44, které jsou instalovány v blízkosti dané periferie. Důvod tohoto způsobu zapojení odpovídá jednomu z požadavků zadavatele. Jednotlivé akční prvky jsou též připojeny za pomoci třížilového kabelu WL2 až WL8 typu CYKY s průřezem jednotlivých vodičů 4mm<sup>2</sup>. Každá zásuvka XS2 až XS7 je viditelně označena a popsána. Tak, aby nedošlo k záměně.



**Obrázek 19 Výzbroj RMK**

Jak již bylo v předchozí kapitole zmíněno, bylo vybráno průmyslové PLC S7-1212C DC/DC/RLY, které v základním sestavení vlastní 8 digitálních vstupů a 6 digitálních výstupů. Pro tento projekt bylo zapotřebí zakoupení přídatné karty, jenž řídicí jednotku rozšířila o dalších 8 digitálních vstupů a 4 digitální výstupy. Řada 16 přítomných digitálních vstupů byla využita pro připojení ovládacích tlačítek pro řízení činností:

- Zapnutí vstupního čerpadla P1
- Zapnutí filtračního čerpadla P3
- Čištění pískových filtrů
- Stop operace
- Automat / Manuál



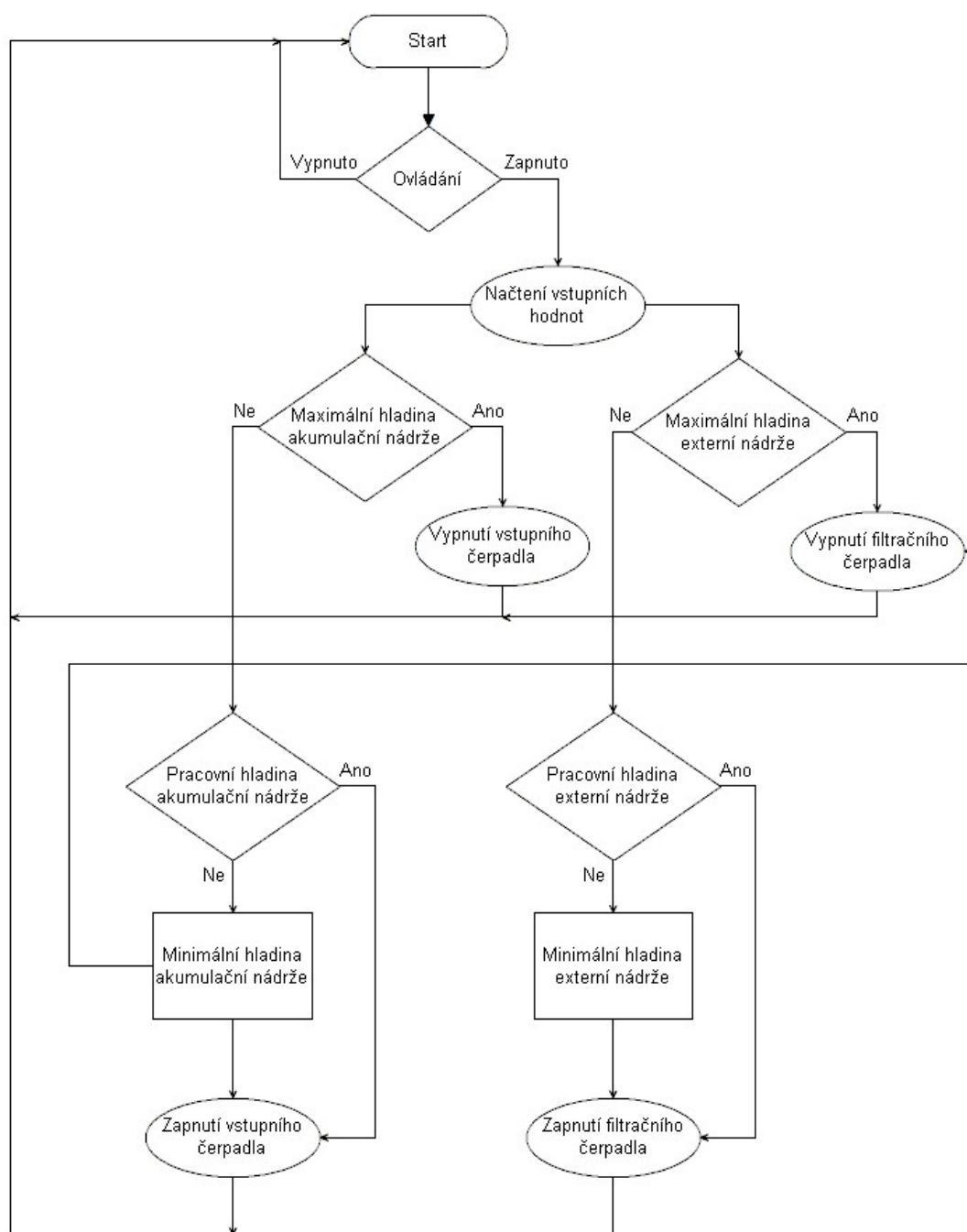
Dalšími vstupními veličinami byly signály vycházející z plovákových snímačů umístěných v akumulární nádrži T2.1 a externí nádrži T6. Digitální výstupy byly následně využity pro vyslání ovládacího signálu v podobě +24V DC. Na tyto výstupy byly připojeny spínací cívky stykačů KM2 až KM5 a také ovládací cívky ventilů pro možné promývání pískových filtrů a odpouštění kalů z lamelového usazováku T2. Celý rozvaděč RMK bude následně umístěn na samostatném stojanu. Kompletní zapojení RMK je k dispozici v příloze č. III.



Obrázek 20 Rozvaděč RMK umístěný na stojanu

## 4.2 Řídicí algoritmus

V danou chvíli, kdy je kompletně celý rozvaděč RMK spolu s akčními členy a snímacími prvky zapojen dle na projektovaného schématu, lze přejít k vytvoření řídicího algoritmu, díky kterému budeme schopni ovládat celý technologický proces. Daný algoritmus musí vycházet ze základního principu technologického schématu. Je zapotřebí si uvědomit, že program bude rozdělen na dvě základní skupiny. Těmito skupinami budou označeny automatický a ruční mód regulace úpravy surové vody. První část této podkapitoly bude věnována automatickému módu. Aby byl pochopen správně základní princip běhu úpravy surové vody, je vhodné sestavit vývojový diagram dle zjednodušeného technologického schématu, viz Obrázek 2. Díky nákresu vývojového diagramu si daný programátor mnohem lépe sestaví myšlenkové pochody o tom, jak by dané zařízení mělo pracovat. Dále také přítomnost tohoto vývojového diagramu je vhodná kvůli servisním zásahům, které mohou vykonávat jiné osoby, než autor tohoto řídicího algoritmu.



**Obrázek 21 Vývojový diagram základního principu automatického ovládání úpravy surové vody**

Na Obrázku 21 je zobrazen základní princip ovládání mobilní úpravy surové vody. V tomto případě rozebíráme automatický mód regulace úpravy surové vody. V prvním kroku je zapotřebí zjistit, zdali je obsluhou zapnuto ovládání. Pokud ne, tak se algoritmus vrací zpět na start a prvotní otázka probíhá, dokud obsluha nezapne ovládání. Tuto operaci provede díky bílému ovládacímu tlačítku umístěného na čelním panelu RMK. Jakmile dojde k zjištění zapnutého ovládání, nastane načítání vstupních proměnných. Především stav hladin v akumulární a externí nádrži. Po úspěšném načtení vstupních hodnot nastává prvotní otázka. Nachází se hladina surové vody obsažené v akumulární nádrži T2.1

na maximální úrovni? Pokud ano, dochází v případě, kdy byla cívka pod ovládacím napětím k okamžitému přerušení příchozího signálu v podobě +24V DC na spínací cívku stykače KM2.

Díky čemuž následně dochází k odpojení akčního členu P1 od napájení. V opačném případě, když odpověď bude znít „ne“. Přichází na řadu následující otázka. Dosahuje hladina surové vody v akumulární nádrži pracovní hladiny? Jestliže odpověď bude znít „ano“, dojde k vyslání signálu z digitálního výstupu Q0.0 na vstup A1 ovládací cívky stykače KM2 v podobě +24V DC. V opačném případě odpovědi na druhou otázku je patrné, že se hladina nenachází ani v maximální ani pracovní úrovni. Tudíž vyplývá z dané situace, že hladina surové vody v akumulární nádrži dosahuje pouze minimální úrovně. V takovém to případě jsou provedeny dvě operace. První řadě nastává odpojení filtračního čerpadla P3 pokud je zapnuté. A druhou operací se rozumí opět vyslání signálu z daného výstupu pro uvedení do provozu vstupní ponorné čerpadlo P1. Zároveň spolu s řešením otázek zabývajících se stavem akumulární nádrže T2.1, probíhají obdobné, jenž řeší stav hladiny vně externí nádrže T6.

První otázkou je opět, zdali je stav hladiny na maximální úrovni. Pokud ano, dochází k odstavení filtračního odstředivého čerpadla P3. Pokud je odpověď opačná, následuje také otázka, jenž řeší provozní hladinu. Jestliže hladina dosáhla pracovní úrovně, následuje vyslání výstupního signálu s požadavkem o zapnutí filtračního čerpadla, které je odpojováno stykačem KM3. Když nastane situace, kdy ani u jedné z předchozích otázek nezíská PLC kladnou odpověď, vyvodí z toho závěr, že skutečná úroveň hladiny je minimální. Což má za příčinu odpojení filtračního čerpadla P3 od napájení. Každá operace, jako je zapnutí či vypnutí daného čerpadla, vede zpět na start. A to v nekonečném cyklu, dokud nedojde k odpojení napájení nebo přepnutím dvoustavového přepínače SA1 do polohy manuální mód.[1]

Manuální mód se od automatického příliš neliší, hlavní rozdíl jak již sám název módu napovídá je v ručním ovládnutí akčních členů. V tomto módu se stále využívají vstupní signály generované snímacími prvky zabudovanými v konstrukci akumulární a externí nádrže. Pokud nastane stav, kdy by v automatickém módu došlo k odpojení čerpadla z důvodu minimální nebo maximální hladiny nedovolí PLC obsluze spustit daný akční člen. Jako příklad je možné si uvést stav, kdy hladina v akumulární nádrži je na minimální hladině. Pokud by chtěla obsluha mobilní úpravy surové vody spustit filtrační čerpadlo P3, tak bude muset nejprve ručně spustit vstupní čerpadlo P1. Důvod této podmínky je jednoduchý. Zabráni se chodu na sucho. Pokud by došlo k tomuto stavu, je velmi vysoké riziko destrukce celé mechanické části čerpadla. Stav jednotlivých úrovní nádrží není pouze v paměti PLC, ale je zobrazováno díky dotykovému displeji na čelní straně RMK. Obsluha tak snadno zjistí stav nádrží, aniž by musela nahlížet do útrob akumulární nebo externí nádrže.[4]

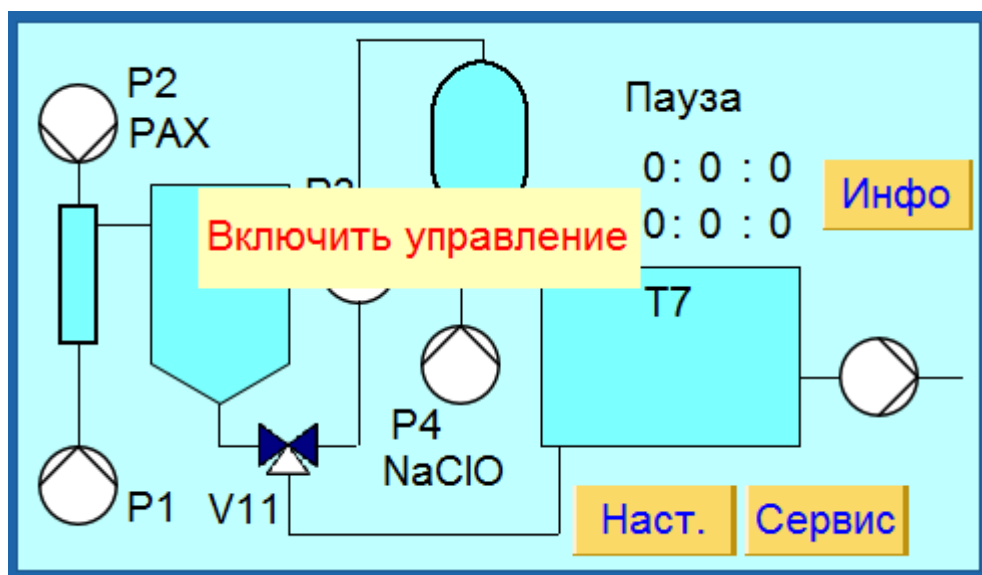
### **4.3 Vizualizace**

Na čelním panelu rozvodné skříně RMK byl umístěn dotykový displej Weintek MT8050iE. Tento interaktivní panel vlastní dotykovou plochu o úhlopříčce 4,3 palce s nejvyšším možným rozlišením 480x272 pixelů. Díky tomuto zobrazovacímu členu je možné vytvořit uživatelské prostředí pro obsluhu mobilní úpravy surové vody. Vizualizace vzniká díky vstupním a výstupním signálům, jenž přicházejí například ze spínacích prvků do PLC nebo naopak vycházejí z řídicí jednotky směrem k akčním členům. Vizualizaci je v tomto případě vytvořit tak, aby dané obsluze sdělila, v jakém současném stavu se celá

technologie nachází. Na první pohled musí být patrné, které akční prvky jsou spuštěné nebo odstavené. Také stav snímaných hladin musí být zmíněný. Konečná vizualizace byla rozdělena do čtyř obrazovek. První a zároveň hlavní obrazovkou je zjednodušený přehled technologického procesu. Následující obrazovka uživatelského prostředí je nastavení parametrů technologie. Dále se zde nachází čítač motohodin jednotlivých akčních prvků. Jako poslední položka je servisní obrazovka.[4]

#### 4.3.1 Přehled technologického procesu:

Jedná se o první dostupnou obrazovku vizualizace. Je zde zobrazeno zjednodušené technologické schéma. Díky vstupním a výstupním signálům procházející skrz PLC je obsluze umožněno na této úvodní obrazovce sledovat aktuální stav celé technologie. To znamená, že obsluha pohledem na tuto obrazovku snadno zjistí, který akční člen je momentálně v provozu. Spolu s tím je zobrazována i úroveň hladin v lamelovém usazováku a externí nádrži.



Obrázek 22 HMI Technologický proces

Krom aktuálního stavu technologie úpravy surové vody, poskytuje úvodní obrazovka vizualizace časové údaje o mycích cyklech. Prvním časovým údajem, který je zobrazován. Je čas uplynulý od ukončení posledního promývacího cyklu pískových filtrů. Druhým zobrazovaným časovým údajem je obsluhou nastavený odpočet do startu následujícího promývacího cyklu pískových filtrů F1 a F2. Dále nás úvodní obrazovka informuje o stavu celého procesu vyskakujícími informačními hláškami. Prvním stavem, jenž je oznamován, je stav čekání. V tomto stavu čeká řídicí algoritmus na pokyn obsluhy ke spuštění úpravy surové vody. Tento pokyn vykoná obsluha tím, že zapne ovládání pomocí tlačítkového ovladače SB1 a zároveň s touto operací přepne dvoupolohový přepínač SA1 do polohy automatického módu. Po provedení tohoto kroku se na úvodní obrazovce zobrazí následující hláška a tou je filtrace. Jakmile se mobilní úpravna surové vody objeví v tomto stavu, tak to znamená, že probíhá úprava surové vody v automatickém módu. Předposlední možnou informační hláškou, jenž se může na úvodní obrazovce zobrazit je plnění externí nádrže. V tomto okamžiku systém čeká, než externí nádrž dosáhne maximální úrovně hladiny, aby mohlo být spuštěné promývání pískových filtrů P1 a P3. Poslední možnou informační hláškou je praní. Jak již je jasné, v daný okamžik, kdy je takto informativní hláška aktivní

dochází k promývacímu cyklu pískových filtrů F1 a F2. Spolu s informačními hláškami o stavu technologie se na úvodní obrazovce mohou nacházet dva druhy chybových hlášení. První hlášení je zobrazeno ve chvíli, kdy dojde během klasického cyklu úpravy surové vody k vypnutí ovládání. Tento stav může být zapříčiněn buďto úmyslným odpojením pomocí rozpínacího tlačítka SB2 vypnout ovládání nebo sepnutí nouzového tlačítka SB3 Total stop. V takovém případě se na displeji zobrazí chybové hlášení zapni ovládání, jenž je zobrazeno na Obrázku 22.

Jakmile obsluha zapne ovládání, technologický proces pokračuje dále. Druhým chybovým hlášením je chyba napájení. Tento stav je charakterizován intervalem od 180 – 260V AC. Pokud hodnota napájecího napětí bude mimo rozsah předem daného intervalu, dojde k odstavení celé technologie. Jako poslední nejmenované prvky, které úvodní obrazovka nabízí, jsou přepínací tlačítka na další možné obrazovky. Tlačítko informace zobrazí obrazovku s čítači moto-hodin akčních členů a promývacích cyklů. Prvek nastavení zobrazí obrazovku s možným nastavením technologie. Servisní obrazovku získáme pomocí kliknutí na tlačítko servis.

#### 4.3.2 Nastavení parametrů technologie:

Pomocí dotykového tlačítka nastavení na interaktivním displeji, nacházející se na úvodní obrazovce popisované výše, je možné se přepnout na obrazovku zobrazující Obrázek 23.

|                            |       |     |
|----------------------------|-------|-----|
| Период-ть оч-ки фильтра    | 0     | час |
| Длительность оч-ки фильтра | 0     | мин |
| Рабочая емкость            | T6 T7 |     |
| Работа между Min/Max       | Выкл. |     |
| Период-ть оч-ки фильтра    | 0     | час |
| Длит-ть очистки фильтра    | 0     | мин |

Назад

Obrázek 23 HMI Nastavení parametrů technologie

Díky této obrazovce lze snadno nastavit periodu promývání pískových filtrů, čímž se myslí hodnota udávaná v hodinách, po jejímž uplynutí nastane promývání pískových filtrů F1 a F2. Dalším parametrem, který lze v této části vizualizace nastavit je délka promývání pískových filtrů. V tomto případě je nutné požadovanou dobu zadat v minutách. Dále zde může obsluha nalézt možnost přepínání snímané externí nádrže T6 nebo T7. Tato varianta je v případě tohoto projektu zakázána, jelikož je dodávána pouze externí nádrž T6. Rozšíření na dvě externí nádrže se pouze v blízké době plánuje.

### 4.3.3 Čítač motohodin akčních členů:

Na vizualizační obrazovku zobrazenou na Obrázku 22 je možné se přepnout z úvodní obrazovky pomocí tlačítka informace. Obsah této stránky činí čítače motohodin jednotlivých akčních prvků a počítání cyklů praní pískových filtrů. U každého prvku je umístěn uživatelský čítač, který je možné vynulovat.

|                 |   |       |   |     |
|-----------------|---|-------|---|-----|
| Насос подачи P1 | 0 | Сброс | 0 | час |
| Насос PAX P2    | 0 | Сброс | 0 | час |
| Фильтр-я P3     | 0 | Сброс | 0 | час |
| Дозатор P4      | 0 | Сброс | 0 | час |
| Водная станция  | 0 | Сброс | 0 | час |
| Фильтры F1-F4   | 0 | Сброс | 0 | час |
| Очистка         | 0 | Сброс | 0 |     |
| Откалование     | 0 | Сброс | 0 |     |

Назад

Obrázek 24 HMI Čítač Moto-hodin a promývacích cyklů

### 4.3.4 Servis:

Tato obrazovka je určena pro servisní zásahy a nedoporučuje se pro řízení technologie. Díky této obrazovce lze ovládat jednotlivé akční členy bez ochranných vstupních podmínek. Proto v tomto módu by měla kvůli předejití mechanickým poškození akčních členů pracovat pouze pověřená osoba.

|      |                  |
|------|------------------|
| Тест | насос P1         |
| Тест | насос P2         |
| Тест | насос P3         |
| Тест | насос P4         |
| Тест | песочн. ф-р 1    |
| Тест | песочн. ф-р 2    |
| Тест | Тройник VC2      |
| Тест | Сброс осадка VC1 |

Назад

Obrázek 25 HMI Servisní obrazovka

## 5 Ověření a testy vytvořeného produktu

Po naprojektování, výběru a instalaci komponent. Byla vytvořena vizualizace spolu s řídicím algoritmem pro jednotku PLC. V první řadě bylo zapotřebí provést kusovou zkoušku rozvodné skříně RMK. Tento test probíhá ve dvou fázích.



Obrázek 26 Mobilní kontejner, ve kterém je zabudována úprava surové vody

První fází kusové zkoušky je kontrola, zapojení rozvaděče RMK a vyloučení situace po zapnutí rozvaděče, kdy na prvcích napájených stejnosměrným napětím 24V by bylo možné naměřit střídavé napětí 230V. V takovém případě by došlo k okamžité destrukci daného prvku. Zvláště v případě PLC je zapotřebí důkladně tento fakt proměřit. Pro tuto kontrolu lze využít multimetr nebo zkoušečku napětí. Pomocí měření odporu lze snadno určit, zdali je rozvaděč RMK správně zapojený. A jednotlivá napětí jsou oddělena. Po důkladné kontrole, byl rozvaděč uznán za vyhovující a odpovídal elektrickému schématu. Po dokončení tohoto testu je zapotřebí se přesvědčit, zdali veškeré svorkovnice, v nichž je zapojený libovolný vodič, jsou dostatečně dotaženy. Tímto krokem se předchází vzniku případnému přechodovému jevu, který by měl za následek v blízké době zničení dané svorkovnice popřípadě samotného prvku.

Druhou fází testovacího procesu, kterou je nezbytné provést na nově postaveném rozvaděči je napěťová zkouška. Rozvaděč je připojen k napájecímu napětí a pomocí multimetrů přeměřujeme podobně jako u předešlé kontroly hodnotu napětí. Na rozvaděči RMK spolu s napěťovou zkouškou bylo provedeno několik simulovaných situací, které následně v technologickém procesu budou vznikat. Měřila se hodnota výstupního signálu z PLC. Z daných měření jednotlivých stavů simulovaných za pomoci spínacích přípravků vyplynulo, že rozvaděč RMK je nejen správně sestaven, ale i řídicí algoritmus dle



těchto simulací pracuje podle prvotních předpokladů. Simulace stavů se prováděla z důvodu, že pokud by došlo k chybě na straně algoritmu, tak by mohlo dojít k sepnutí akčního členu, jenž neměl být sepnut, a došlo by např. k chodu na sucho. Což, jak je výše v bakalářské práci popisováno, mohlo vést k destrukci mechanických částí daného akčního členu. Jelikož rozvaděč RMK ve všech kontrolních měřeních a zkouškách prošel, bylo možné připojit veškeré akční členy a prvky které jsou ovládány za pomoci PLC k výstupním svorkovnicím.



**Obrázek 27 Rozestavení technologie úpravy surové vody**

Během prvotního uvedení do provozu celé technologie byl zjištěn závažný problém. Tímto problémem bylo neustálé odpojování celé technologie napěťovým relé. Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, je zapotřebí, aby se hodnota napájecího napětí pohybovala v intervalu od 180 – 260V AC. Ale v danou chvíli, když byla celá mobilní úpravná v chodu režimu automatického módu a současně byl spuštěn elektrické topné těleso, docházelo k poklesu napájecího napětí pod mezní hranici 180V. Mobilní úpravná v danou chvíli byla připojena za pomoci 30 metrového kabelu o průřezu jednotlivých vodičů 4mm<sup>2</sup>. Původní přívodní kabel byl nahrazen kabelem stejné délky, jehož průřez jednotlivých vodičů dosahoval hodnoty 6mm<sup>2</sup>. Po opětovném uvedení do provozu za stejných podmínek chodu tento problém vymizel. Ale bylo zapotřebí doplnit průvodní dokumentaci o fakt, že přívodní napájecí kabel je zapotřebí s minimálním průřezem jednotlivých žil 6mm<sup>2</sup>. V ideálním případě o řád průřez vodičů navýšit. Při uvádění do provozu se objevila ještě jedna nepříjemná záležitost. Při instalaci plovákových snímačů do akumulační nádrže T2.1 nedošlo ke kontrole, zdali jsou snímače nastaveny do spínacího módu. Uvedení do provozu prozradilo, že dva ze tří snímačů zůstaly nastaveny v rozpínacím režimu. Proto musely být snímače přenastaveny.



## 6 Zhodnocení dosažených výsledků

V současnosti je daný projekt Řízení úpravny pitné vody, o kterém pojednávala bakalářská práce v závěrečné etapě. V tento okamžik je mobilní úpravná připravena, pro reálný provoz. Pro dosažení tohoto cíle bylo potřeba několika zásadních kroků. První bylo nutné získání a pečlivé nastudování informací k dané problematice, zabývající se otázkou úpravy surové vody získané z přírodních povrchových i podzemních vodních zdrojů. Tyto informace byly nesmírně užitečné k snadnějšímu pochopení technologického procesu, jenž byl navržen a zpracován renomovanými odborníky po danou problematiku. Po podrobném seznámení s technologickým postupem a stanovení prostředí bylo možné začít s výběrem vhodných hardwarových komponent zabývající se řízením technologické úpravy surové vody. Veškeré prvky, jenž byly vybírány, bylo nezbytné nutné důkladně rozebrat, aby v konečné fázi došlo k optimální konfiguraci hardwarových komponent, která budou vyhovovat zadání.

V první řadě bylo zapotřebí vybrání vhodných akčních členů. Po dokončení výběru akčních členů následovalo vybírání potřebných snímacích prvků, které mají jako primární úkol informovat řídicí systém o stavu regulované soustavy. Následně na tuto operaci již bylo nezbytné vybrat vhodný programovatelný automat PLC spolu s vývojovým prostředím. Jako poslední položku, která byla v rámci této bakalářské práce zapotřebí vybrat, byly jistící prvky.

Po zpracování výše vypsanych úkonů proběhla samotná realizace celého projektu. Bylo provedeno úspěšné sestavení rozvodné skříně RMK, podle na projektovaných výkresů. Na dokončeném RMK byly provedeny kusové zkoušky a simulační testy, kterými prošel okamžitě bez jakéhokoli problému nebo závady v zapojení. Po sestavení RMK byla provedena úprava původních rozvodů mobilního kontejneru a vytvoření vlastních kabelových tras k daným periferiím. Následně bylo vše úspěšně zapojeno. Díky dokončenému hardwarovému sestavení, mohlo dojít k tvorbě jednoduchého řídicího algoritmu spolu s vizualizací.

Jakmile veškeré předchozí části tvorby mobilní úpravné surové vody byly dokončeny. Zbývala závěrečná etapa vývoje. Uvedení do provozu. Po prvotní úpravě přívodního napájecího kabelu, došlo k plynulému běhu celé technologie úpravy surové vody. Jediné úpravy, které dále proběhly, byly změny v nastavení dávkovacích čerpadel. Tyto úpravy byly prováděny za odborného dohledu renomovaných odborníků pro danou problematiku úpravu surové vody.

Po dokončení chemických testů na správnou koncentraci organických koagulantů a přítomnosti chlóru v upravované pitné vodě, byl tímto krokem projekt dokončen a byl poskytnut pro účel úpravy surové vody v Ázerbájdžánu.

## 7 Použitá literatura

- [1] ŠMEJKAL, Ladislav. *PLC a automatizace 1 – základní pojmy, úvod do programování*. Praha: BEN - technická literatura, 1999, 223 s. ISBN 80-860-5658-9.
- [2] BIELA, Renata. *Úprava vody a balneotechnika*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 164 s. ISBN 80-214-2563-6.
- [3] MALÝ, Josef. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-860-2050-9.
- [4] PETRUZELLA, Frank. *Programmable Logic Controllers* 4th ed. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2010. 416 s. ISBN 978-0073510880.
- [5] TŮMA, J., R. WAGNEROVÁ, R. FARANA a L. LANDRYOVÁ. *Základy automatizace*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, 2007. 283 S. ISBN 978-80-248-1523-7.
- [6] Hitech Technologies, Inc.: *Instruction manual* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.hitechtech.com/Manual\\_Shorti-R400-500.PDF](http://www.hitechtech.com/Manual_Shorti-R400-500.PDF)
- [7] Grundfos: *Data sheet* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.adara-bg.com/img/140113104513SB-submersiblepumps-GB.pdf>
- [8] Invikta series: *Data sheet* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.preklady-navody.cz/media/download\\_gallery/D%C3%A1vkovac%C3%AD%20%C4%8Derpadla%20Seko%20Invikta%20-%20Produktov%C3%BD%20pr%C5%AFvodce%20EN-CZ.pdf](http://www.preklady-navody.cz/media/download_gallery/D%C3%A1vkovac%C3%AD%20%C4%8Derpadla%20Seko%20Invikta%20-%20Produktov%C3%BD%20pr%C5%AFvodce%20EN-CZ.pdf)
- [9] Etatron d.s.: *DLX-DLB MA/AD* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://etatron.co.uk/downloader/bc4.pdf>
- [10] Mouse: *Odstředivá čerpadla* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.cerpadlo-cerpadla.cz/fotky5989/fotov/\\_ps\\_169MOUSE.pdf](http://www.cerpadlo-cerpadla.cz/fotky5989/fotov/_ps_169MOUSE.pdf)
- [11] Nivelco: *Nivofloat* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.semrad.com.au/pdf/level\\_switches/nivoFloat\\_NW\\_technical.pdf](http://www.semrad.com.au/pdf/level_switches/nivoFloat_NW_technical.pdf)
- [12] Sick: *LFT* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.sick.com/INSTRUMENTS/EN/home/products/level\\_sensors/Pages/lft.aspx](http://www.sick.com/INSTRUMENTS/EN/home/products/level_sensors/Pages/lft.aspx)
- [13] Honeywell: *LRN Series* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1848723.pdf>
- [14] Siemens: *Simatic S7-1200* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.paratrasnet.ro/pdf/automatizari-industriale/S7-1200.pdf>
- [15] Siemens: *LOGO!* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.urbaco.co.uk/pdf/TECHNICAL%20MANUALS/PLC%27s/NT-RCPULOGO%28V3-EN%29.pdf>
- [16] OEZ: *LSN* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/3081-Z01-06\\_CZ\\_SK.pdf](http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/3081-Z01-06_CZ_SK.pdf)

- [17] Schneider Electric: *Acti 9* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.schneider-electric.cz/documents/product-services/en/product-launch/acti-9/Acti9-katalog-2012.pdf>
- [18] Grundfos: *CM, CME* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [net.grundfos.com/Apl/WebCAPS/.../Grundfosliterature-1663886.pdf](http://net.grundfos.com/Apl/WebCAPS/.../Grundfosliterature-1663886.pdf)
- [19] Pumpa: *QJD* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.pumpa.cz/?download=\\_ceji003/pumpa\\_qjd.pdf](http://www.pumpa.cz/?download=_ceji003/pumpa_qjd.pdf)

## **8 Přílohy**

- I. Technologické schéma
- II. Elektrické schéma elektroinstalace mobilního kontejneru
- III. Elektrické schéma rozvodné skříně RMK
- IV. Řídící algoritmus
- V. Protokol kusové zkoušky